

From the INTERNATIONAL BUREAU

PCT**NOTIFICATION OF ELECTION**

(PCT Rule 61.2)

To:

Commissioner
 US Department of Commerce
 United States Patent and Trademark
 Office, PCT
 2011 South Clark Place Room
 CP2/5C24
 Arlington, VA 22202
 ETATS-UNIS D'AMERIQUE

in its capacity as elected Office

Date of mailing (day/month/year) 06 November 2000 (06.11.00)	Applicant's or agent's file reference P0099PC
International application No. PCT/JP00/01736	Priority date (day/month/year) 25 March 1999 (25.03.99)
International filing date (day/month/year) 22 March 2000 (22.03.00)	
Applicant KAWASAKI, Masashi et al	

1. The designated Office is hereby notified of its election made:

☒ in the demand filed with the International Preliminary Examining Authority on:

01 September 2000 (01.09.00)

☐ in a notice effecting later election filed with the International Bureau on:2. The election ☒ was☐ was not

made before the expiration of 19 months from the priority date or, where Rule 32 applies, within the time limit under Rule 32.2(b).

The International Bureau of WIPO 34, chemin des Colombettes 1211 Geneva 20, Switzerland	Authorized officer R. Forax
Facsimile No.: (41-22) 740.14.35	Telephone No.: (41-22) 338.83.38

PTO/PCT c'd 20 SEP 2001

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP00/01736

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int. Cl.⁷ H01L29/12 C01G51/00 C01G45/00 C01G9/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int. Cl.⁷ H01L29/12 H01L29/80 H01L21/20 H01L21/205
H01L21/205 H01L31/00 H01S5/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2000Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)
JICST FILE (JOIS) WPI (DIALOG) INSPEC (DIALOG)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	EP, 863555, A (Japan Science and Technology Corp.), 09 September, 1998 (09.09.98), page 4, line 34 to page 5, line 17; page 7, line 20 to page 11, line 2 & JP, 10-256673, A page 3, left column, lines 1 to 39 & JP, 10-270749, A Full text	1-3, 5-9
Y	US, 5530267, A (AT&T Corp.), 25 June, 1996 (25.06.96), Full text & JP, 8-288220, A Full text & EP, 732755, A	4-9
Y	Kimizuka, N. & Mohri, T. "Structural Classification of RAO3(MO) _n Compounds (R=Sc, In, Y or Lanthanides; A=Fe(III), Ga, Cr, or Al; M=Divalent Cation; n=1-11)", Journal of Solid-State Chemistry, vol.78, pp.98-107 (1989)	1-4
Y	Kimizuka, N. et al., "Homologous Compounds,	1-4

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" understand the principle or theory underlying the invention document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier document but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search
19 June, 2000 (19.06.00)Date of mailing of the international search report
27 June, 2000 (27.06.00)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.



2011 10 8

2011 10 8

...

...

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP00/01736

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

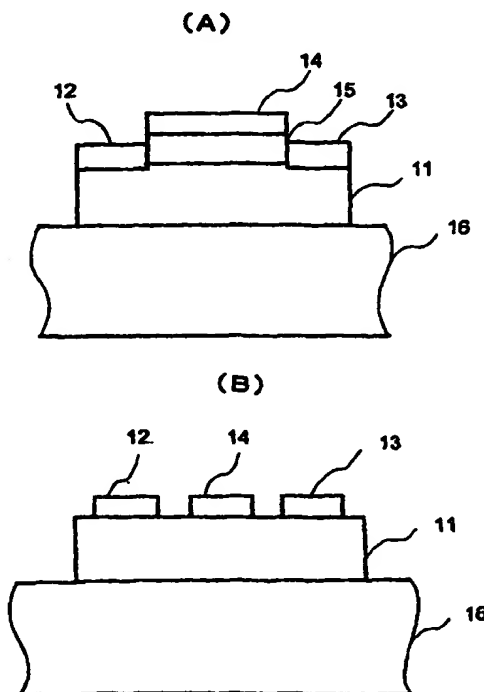
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
	InFeO ₃ (ZnO) _m (m=1-9)", Journal of Solid-State Chemistry, vol.74, pp.98-109 (1989)	
Y	Koike, J. et.al. "Quasi-Microwave Band Longitudinally Coupled Surface Acoustic Wave Resonator Filters Using ZnO/Sapphire Substrate", Jpn. J. Appl. Phys. part 1, vol.34, No.5B, pp.2678-2682 (1995)	10
PX PY	Ohtomo, A. et.al. "Single Crystalline ZnO Films Grown on Lat-tice-matched ScAlMgO ₄ (0001) Substrates", Appl. Phys. Lett. vol.75, No.17, pp.2635-2637 (1999)	1-2 3, 5-10



(51) 国際特許分類7 H01L 29/12, C01G 51/00, 45/00, 9/00	A1	(11) 国際公開番号 WO00/59039 (43) 国際公開日 2000年10月5日(05.10.00)
(21) 国際出願番号 PCT/JP00/01736 (22) 国際出願日 2000年3月22日(22.03.00) (30) 優先権データ 特願平11/82043 1999年3月25日(25.03.99) JP (71) 出願人 (米国を除くすべての指定国について) 科学技術振興事業団 (JAPAN SCIENCE AND TECHNOLOGY CORPORATION) [JP/JP] 〒332-0012 埼玉県川口市本町4-1-8 Saitama, (JP) (72) 発明者 ; および (75) 発明者 / 出願人 (米国についてのみ) 川崎雅司(KAWASAKI, Masashi)[JP/JP] 〒228-0803 神奈川県相模原市相模大野4-2-5-116 Kanagawa, (JP) 大野英男(OHNO, Hideo)[JP/JP] 〒981-3134 宮城県仙台市泉区桂3-33-10 Miyagi, (JP) 大友 明(OHTOMO, Akira)[JP/JP] 〒242-0007 神奈川県大和市中央林間3-24-14-103 Kanagawa, (JP)		(74) 代理人 橋爪 健(HASHIZUME, Takeshi) 〒104-0061 東京都中央区銀座4丁目11番12号 Tokyo, (JP) (81) 指定国 KR, US, 欧州特許 (AT, BE, CH, DE, FR, GB, NL) 添付公開書類 国際調査報告書

(54)Title: SEMICONDUCTOR DEVICE**(54)発明の名称** 半導体デバイス**(57) Abstract**

A high quality thin film comparable to a bulk single crystal, and a semiconductor device with superior characteristics. A channel layer (11) is formed of a semiconductor, such as zinc oxide ZnO. The channel layer (11) is provided with a source (12), a drain (13), a gate (14) and a gate insulation layer (15), thus forming a FET. As for a substrate 16, a suitable one is selected according to the thin film material of the channel layer (11) and in consideration of compatibility between the lattice constants of the two materials. For example, if the base of the semiconductor of the channel layer is ZnO, then ScAlMgO₄ or the like may be used for the substrate (16).



(57)要約

本発明は、バルク単結晶に匹敵する高品質の薄膜を提供し、特性の優れた半導体デバイスを提供する。チャネル層 11 は、例えば、酸化亜鉛 ZnO 等の半導体で形成される。チャネル層 111 には、ソース 12、ドレイン 13、ゲート 14、ゲート絶縁層 15 が設けられ、FET が形成される。基板 16 は、チャネル層 11 の薄膜材料に応じて、両者の格子定数の整合性を考慮して適宜のものが選択される。例えば、チャネル層の半導体のベースを ZnO とすると、基板 16 は、 $ScAlMgO_4$ 等を用いることができる。

PCTに基づいて公開される国際出願のパンフレット第一頁に掲載されたPCT加盟国を同定するために使用されるコード(参考情報)

AE	アラブ首長国連邦	DM	ドミニカ	KZ	カザフスタン	RU	ロシア
AG	アンティグア・バーブーダ	DZ	アルジェリア	LC	セントルシア	SD	スーダン
AL	アルバニア	EE	エストニア	LI	リヒテンシュタイン	SE	スウェーデン
AM	アルメニア	ES	スペイン	LK	スリ・ランカ	SG	シンガポール
AT	オーストリア	FI	フィンランド	LR	リベリア	SI	スロヴェニア
AU	オーストラリア	FR	フランス	LS	レソト	SK	スロヴァキア
AZ	アゼルバイジャン	GA	ガボン	LT	リトアニア	SL	シエラ・レオネ
BA	ボスニア・ヘルツェゴビナ	GB	英国	LU	ルクセンブルグ	SN	セネガル
BB	バルバドス	GD	グレナダ	LV	ラトヴィア	SZ	スワジランド
BE	ベルギー	GE	グルジア	MA	モロッコ	TD	チャード
BF	ブルキナ・ファソ	GH	ガーナ	MC	モナコ	TG	トーゴ
BG	ブルガリア	GM	ガンビア	MD	モルドヴァ	TJ	タジキスタン
BJ	ベナン	GN	ギニア	MG	マダガスカル	TM	トルクメニスタン
BR	ブラジル	GR	ギリシャ	MK	マケドニア旧ユーゴスラヴィア	TR	トルコ
BY	ベラルーシ	GW	ギニア・ビサオ		共和国	TT	トリニダード・トバゴ
CA	カナダ	HR	クロアチア	ML	マリ	TZ	タンザニア
CC	中央アフリカ	HU	ハンガリー	MN	モンゴル	UA	ウクライナ
CG	コンゴ	ID	インドネシア	MR	モーリタニア	UG	ウガンダ
CH	スイス	IE	アイルランド	MW	マラウイ	US	米国
CI	コートジボアール	IL	イスラエル	MX	メキシコ	UZ	ウズベキスタン
CM	カメルーン	IN	インド	MZ	モザンビーク	VN	ヴェトナム
CN	中国	IS	アイスランド	NE	ニジェール	YU	ユーゴスラヴィア
CR	コスタ・リカ	IT	イタリア	NL	オランダ	ZA	南アフリカ共和国
CU	キューバ	JP	日本	NO	ノールウェー	ZW	ジンバブエ
CY	キプロス	KE	ケニア	NZ	ニュージーランド		
CZ	チェッコ	KG	キルギスタン	PL	ポーランド		
DE	ドイツ	KP	北朝鮮	PT	ポルトガル		
DK	デンマーク	KR	韓国	RO	ルーマニア		

明 細 書

半導体デバイス

5 技術分野

本発明は、半導体デバイスに係り、特に、II族酸化物又はIII族窒化物を薄膜材料とし、これと格子整合性の良い酸化物単結晶を基板とすることで、高品質の単結晶薄膜を形成した半導体素子、及び、その発光素子及び表面弾性波素子（S
10 AW、Surface Acoustic Wave）等への応用に関する。

背景技術

従来より、半導体デバイスにおいて、例えば、トランジスタとしては、アモル
15 ファスシリコンや多結晶シリコン等を用いた薄膜トランジスタが用いられている。
また、最近、半導体デバイスを製造するための薄膜材料として、酸化亜鉛（Z
nO）が、注目されており、紫外光発光素子や透明トランジスタなど、光・電子
デバイスとして既存の応用を置き換えるだけでなく、全く新しい用途を開拓しつ
つある。現在、ZnOを用いた発光素子やトランジスタを作製する際には、基板
20 としてはサファイアが用いられる。

また、従来より、半導体デバイスを作製するに当たり、基板上に高品質な薄膜
を形成することが、切望されている。ここで、薄膜の結晶性（コヒーレンシ）の
品質を決定する要因としては、次のような点がある。

（a）結晶粒サイズ

25 （b）格子面間隔のゆらぎ（歪み）

(c) 格子面方向のゆらぎ (配向性、モザイクネス)

すなわち、一般に、高品質な結晶とは、(a) 結晶粒サイズが大きく、(b) 格子面間隔のゆらぎが小さく、(c) モザイクネスが小さいものである。

5 発明の開示

しかしながら、従来のサファイア等を用いた基板では、薄膜材料である ZnO との格子不整合が 18% 程度と大きいものであった。そのため、従来の薄膜においては、粒界が存在したり、モザイクネスが大きくなるなど、高品質の単結晶薄膜を形成することが困難であった。また、従来、デバイス性能については、本来 ZnO がもつ性能を十分に発揮することができず、必ずしも最適な基板を作製することができなかった。

本発明は、以上の点に鑑み、 ZnO 等の II 族酸化物、又は、 GaN 等の III 族窒化物等の薄膜材料と、格子整合の極めて良い酸化物結晶を基板として使用することにより、薄膜材料の質を飛躍的に向上し、バルク単結晶に匹敵する高品質の薄膜を作成し、特性の優れた半導体デバイスを作成することを目的とする。また、本発明は、粒界がほとんど無く、粒サイズが大きく、格子面間隔のゆらぎも小さく、モザイクネスも極めて小さい、殆ど単結晶に近い高品質の ZnO 、 GaN 等の半導体薄膜を形成することを目的とする。

本発明は、例えば、 $ScAlMgO_4$ (SCAM) 結晶等が ZnO に対して格子不整合が小さいことから (約 0.13%)、その基板上にほぼ単結晶の ZnO 薄膜を作製することを目的とする。また、本発明は、従来のようなサファイア基板等を用いた場合に比べて、電子移動度が高く、 ZnO 単結晶に近い、SCAM 基板上の ZnO を形成することを目的とする。

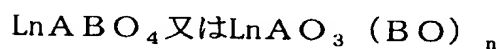
また、本発明は、透明半導体材料である ZnO と、透明高絶縁性の SCAM 基板とを組み合わせることで、透明な半導体デバイスを作製できるとと

もに、ヘテロ構造デバイスの性能を著しく向上することを目的とする。

また、本発明は、トランジスタ等に適用することで、スイッチング速度を高速とすることを目的とする。また、本発明は、電界効果トランジスタ等に適用することで、電界を印加したときの空乏層幅が広がるので、スイッチング用ゲート電圧が低くて済むようにすることを目的とする。また、本発明は、発光素子に適用することで、発光効率を向上することを目的とする。

本発明は、電界効果トランジスタやバイポーラトランジスタ、GaNベースの窒化物青色レーザを含む発光素子(LED、レーザ)、表面弾性波素子(SAW)、センサ等の各種電子デバイスに、適用することで、それらの性能を向上させることを目的とする。

本発明の第1の解決手段によると、



(Ln: Sc, Ln, Lu, Yb, Tm, Ho, Er, Y等の希土類元素、

A: Fe, Ga, Al、

B: Mn, Co, Fe, Zn, Cu, Mg, Cd)

を基本構造とするいずれかの材料を用いた基板と、

酸化亜鉛ZnO、酸化マグネシウム亜鉛 $\text{Mg}_x\text{Zn}_{1-x}\text{O}$ 、酸化カドミウム亜鉛 $\text{Cd}_x\text{Zn}_{1-x}\text{O}$ 、酸化カドミウムCdO等のII族酸化物、又は、窒化ガリウムGaN、窒化アルミニウムAlN、窒化インジウムInN等のIII族窒化物のいずれかの材料を用い、前記基板上に形成された半導体層とを備えた半導体デバイスを提供する。

さらに、本発明は、発光素子及びSAW等の光・電子デバイスへ応用した半導体デバイスを提供する。

25 図面の簡単な説明

図 1 は本発明に係る半導体デバイスの第 1 の実施の形態の断面図。

図 2 はチャネル層に用いられる代表的な薄膜材料の一例とその格子定数を表す図。

図 3 は LnABO_4 についての格子定数とイオン半径との関係図。

図 4 は LnABO_4 を基本構造とする基板材料の一例とその格子定数を表す図。

5 図 5 は $\text{LnAO}_3(\text{BO})_n$ についての格子定数とイオン半径との関係図。

図 6 は本発明に係る半導体デバイスの第 2 の実施の形態の断面図。

図 7 は酸化亜鉛薄膜及び酸化亜鉛バルク単結晶の電気特性の比較説明図。

図 8 は酸化亜鉛薄膜及び酸化亜鉛バルク単結晶の X 線逆格子マッピングの比較説明図。

10 図 9 は X 線ロッキングカーブの半値幅の基板温度依存性についての比較説明図。

図 10 は薄膜表面の平坦さについての比較説明図。

図 11 は窒素濃度の基板温度依存性についての比較説明図。

図 12 は本発明に係る半導体デバイスの第 3 の実施の形態の断面図。

図 13 は本発明に係る半導体デバイスの第 4 の実施の形態の断面図。

15 図 14 は本発明に係る半導体デバイスの第 5 の実施の形態の断面図。

図 15 は本発明に係る半導体デバイスの第 6 の実施の形態の構成図。

発明を実施するための最良の形態

20 (1) 電解効果トランジスタ (Field Effect Transistor、FET)

図 1 に、本発明に係る半導体デバイスの第 1 の実施の形態の断面図を示す。図 1 (A) に示されるように、第 1 の実施の形態の半導体デバイスは、FET に関するものであり、チャネル層 (半導体層) 11、ソース 12、ドレイン 13、ゲート 14、ゲート絶縁層 15、基板 16 を備える。基板 16 の上には、チャネル層 11 が形成される。チャネル層 11 には、ゲート絶縁層 15、ソース 12 及びドレイン 13 が形成される。ゲート絶縁層 15 の上には、ゲート 14 が形成され

25

る。

図1 (B) には、第1の実施の形態の変形例が示される。このトランジスタは、基板16の上に、チャネル層11が形成される。さらに、チャネル層11には、ソース12及びドレイン13がオーミック接合により、ゲート14がショットキー接合により、それぞれ形成される。この例では、図1 (A) と比べてゲート絶縁層15がないため、ソース12及びドレイン13とゲート14との間は適当な隙間が設けられる。

以下に、本発明の主な特徴である各構成要素の材料について説明する。

まず、チャネル層11は、FETの構造により、適宜の導電性又は絶縁性の半導体で形成される。チャネル層11の材料としては、周知の半導体材料の他にも、例えば、酸化亜鉛 ZnO 、酸化マグネシウム亜鉛 $Mg_xZn_{1-x}O$ 、酸化カドミウム亜鉛 $Cd_xZn_{1-x}O$ 、酸化カドミウム CdO 等のII族酸化物のいずれかを用いることができる。また、チャネル層11としては、窒化ガリウム GaN 、窒化アルミニウム AlN 、窒化インジウム InN 、 $InGaN$ 又は $AlInN$ 等のIII族窒化物を用いることもできる。チャネル層11は、ドーピング無し、純粋又は純粋に近い薄膜材料を用いる。なお、チャネル層11として、ドーピング有りのものを用いても良い。また、これらの薄膜材料は、n形又はp形のいずれの形でも良い。

図2に、チャネル層に用いられる代表的な薄膜材料の一例とその格子定数を表す図を示す。一例として、図示の各材料を対象として説明するが、これに限定されるものではない。

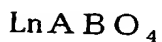
つぎに、基板16としては、絶縁性材料が用いられる。本発明では、基板16に、チャネル層11の格子定数と近い格子定数を持つような、整合性の良い材料を用いることで、質の高いチャネル層11を形成するようにした。一例として、チャネル層11に ZnO が用いられた場合、基板16として、最も高性能な材料のひとつとして、例えば、酸化亜鉛単結晶又は $ScAlMgO_4$ 単結晶等を用い

ると、その基板上にチャネル層 1 1 又はソース 1 2 並びにドレイン 1 3 等を高品質でエピタキシャル成長させることが可能である。

以下に、チャネル層 1 1 に用いられる薄膜材料の格子定数と、整合性の高い（即ち、その格子定数と近い格子定数を持つ）基板 6 の材料について組合せの例を説明する。

まず、チャネル層 1 1 の薄膜材料が ZnO 等の II 族酸化物の場合を説明する。例えば、 ZnO の場合は、以下のような基板材料を選択することができる。

第 1 に、基板 1 6 としては、例えば、以下のような $LnABO_4$ を基本構造とする材料（ $LnABO_4$ の組成をもち、かつ、 $YbFe_2O_4$ 構造をもつ結晶群）を用いることができる。すなわち、



ここで、 $Ln: Sc, Ln, Lu, Yb, Tm, Ho, Er, Y$ 等の希土類元素

$A: Fe, Ga, Al$

$B: Mn, Co, Fe, Zn, Cu, Mg, Cd$

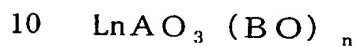
このような基板材料の格子定数は、約 $3.2 \sim 3.5 \text{ \AA}$ である。このような基本構造をとる材料としては、例えば、 $ScAlMgO_4$ などがある。

図 3 に、 $LnABO_4$ についての格子定数とイオン半径との関係図を示す。横軸は、 Ln 酸化物の配位数 6 のイオン半径であり、縦軸は、格子定数である。図示されるように、格子定数について分析すると、 Ln の元素のイオン半径（原子の大きさ）が、大きくなっていくと、 $LnABO_4$ の格子定数も増えることがわかる。また、 ZnO 、 GaN 及び AlN の格子定数が横線（破線）で図示され、この格子定数に近い $LnABO_4$ を基本構造とする酸化物が示される。

また図 4 に、 $LnABO_4$ を基本構造とする基板材料の一例とその格子定数を表す図を示す。これは、一例として、比較的小さな格子定数を持つ材料として、 $ScAlMgO_4$ 、 $ScAlZnO_4$ 、 $ScAlCoO_4$ 、 $ScAlMnO_4$ 、 $ScGaZnO_4$ 、 $ScGaMgO_4$ を示した。図 2 に示したように、 ZnO の格

子定数は3. 249 Åであるから、図6に示されたような基板材料のいずれかを用いると、格子定数の整合性が良いものとなる。なお、整合性の良い基板材料としては、図3に示されるように、 ScAlCuO_4 、 InAlMgO_4 等も挙げられ、また、これらに限定されるものではない。

- 5 さらに、基板16としては、ZnOにマッチさせようとする、以下のようなZnOを添加した酸化物材料も用いることもできる。一般式で表すと、以下のような $\text{LnAO}_3(\text{BO})_n$ を基本構造とする材料($\text{LnAO}_3(\text{BO})_n$ の組成をもち、かつ、 $\text{Yb}_2\text{Fe}_3\text{O}_7$ 構造をもつ結晶群)を適宜用いることができる。すなわち、



ここで、Ln: Sc, In, Lu, Yb, Tm, Ho, Er, Y等の希土類元素

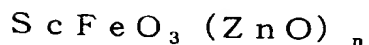
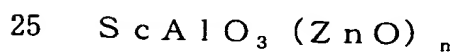
A: Fe, Ga, Al

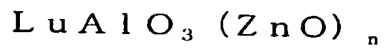
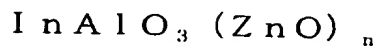
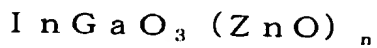
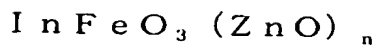
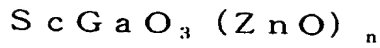
B: Mn, Co, Fe, Zn, Cu, Mg, Cd

- 15 このように、 LnABO_4 構造にZnOを混入していくと、ZnOが格子の隙間に入るにより、ZnOの格子定数と近い物質を合成することができる。nを無限大にすると、格子定数は、3. 249 (ZnOの格子定数)に限りなく近づく。

- 図5に、 $\text{LnAO}_3(\text{BO})_n$ についての格子定数とイオン半径との関係図を示す。横軸は、Ln酸化物の配位数6のイオン半径であり、縦軸は、格子定数である。
20 図3と同様に、格子定数について分析すると、Lnの元素のイオン半径(原子の大きさ)が、大きくなっていくと、 $\text{LnAO}_3(\text{BO})_n$ の格子定数も増えることがわかる。また、ZnO、Ga₂N及びAlNの格子定数が横線(破線)で図示され、この格子定数に近い $\text{LnAO}_3(\text{BO})_n$ を基本構造とする酸化物が示される。

図示されるように、具体的には、例えば、



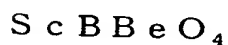
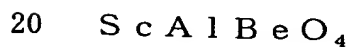


等を用いると格子整合性が良い。

さらに、この中でも、例えば、 $\text{ScAlZn}_3\text{O}_6$ 、 $\text{ScAlZn}_4\text{O}_7$ 、 $\text{ScAlZn}_7\text{O}_{10}$ 、又は、 $\text{ScGaZn}_3\text{O}_6$ 、 $\text{ScGaZn}_5\text{O}_8$ 、 $\text{ScGaZn}_7\text{O}_{10}$ 、又は、 $\text{ScFeZn}_2\text{O}_5$ 、 $\text{ScFeZn}_3\text{O}_6$ 、 $\text{ScFeZn}_6\text{O}_9$ 等の各材料を用いることができる。

第2に、チャネル層11の薄膜材料がGaN、AlN等のIII族窒化物の場合を説明する。例えば、図2に示したように、GaN及びAlNの格子定数は、それぞれ3.112 Å及び3.189 Åである。図3及び図4に例示されたLnAB₄構造をとる酸化物結晶は、格子定数が小さくても3.2 Å程度であるから、GaN及びAlNの格子定数にマッチし得る結晶としては、例えば、その中でも最小のScAlMgO₄、ScAlZnO₄等が挙げられる。

また、図3～図5に例示した材料の他に、格子定数が比較的小さく、GaN及びAlN等に整合性が良い物質としては、以下のものが挙げられる。すなわち、



等である。

また、上述のような一般式LnAO₃(BO)_nにおいて、BとしてMgを選択した材料が整合性が良い。すなわち、この基板は、上述のような酸化物基板材料にMgOを添加したものである。

つぎに、ゲート絶縁層 15 としては、適宜の絶縁性材料が用いられる。ゲート絶縁層 15 は、チャネル層 11 の材料と格子マッチングの良い高絶縁性の材料を用いることができる。上述のように、チャネル層 11 の薄膜材料に応じて、基板 16 について格子定数の整合性の良い材料を用いたのと同様に、適宜の格子整合性の良い絶縁層 15 を選択することができる。例えば、 ZnO をチャネル層 11 とした場合、例えば、 $ScAlMgO_4$ 等をゲート絶縁層 15 として用いることができる。また、ゲート絶縁層 15 としては、例えば、1 価の価数を取りうる元素又は V 族元素をドープした絶縁性 ZnO 等の透明絶縁性材料を用いることもできる。1 価の価数を取りうる元素としては、例えば、I 族元素 (Li , Na , K , Rb , Cs)、 Cu , Ag , Au 等がある。V 族元素としては、 N , P , As , Sb , Bi 等がある。こうすることで、両方の層は、全ての面内の格子定数が 1% 以内で一致することになり、相互にエピタキシャル成長が可能であり、格子整合性のよい半導体デバイスを得ることができる。

また、ゲート絶縁層 15 に、強誘電性の材料を用いることにより、トランジスタ自体がメモリ機能を有するようにすることもできる。強誘電性の材料として、例えば、 $Zn_{1-x}Li_xO$ 、 $Zn_{1-x}(Li_yMg_{x-y})O$ 等を用いることができる。なお、ゲート絶縁層 15 としては、例えば、ガラス、ビニール、プラスチック等の絶縁体を用いても良い。ゲート絶縁層 15 としては、その他にも、 Al_2O_3 , MgO , CeO_2 , SiO_2 、等の絶縁性酸化物を用いることができる。

以上の説明では、ゲート絶縁層 15 について述べたが、他の適宜の絶縁層を形成する場合にも、同様の材料を用いることができる。これにより、格子整合性の良い半導体デバイスを製造することが可能となる。

また、ソース 12、ドレイン 13 又はゲート 14 は、適宜の電極材料を用いることができる。電極材料としては、チャネル層 11 と同じ材料をベースとして、適宜不純物をドープした又はドープしない導電性材料を用いることができる。Z

n O等をベースとする電極としては、例えば、III族元素（B, Al, Ga, In, Tl）、VII族元素（F, Cl, Br, I）、I族元素（Li, Na, K, Rb, Cs）、V族元素（N, P, As, Sb, Bi）のいずれかをドーピングした導電性ZnO、又は各種元素をドーピングしない導電性ZnO等が用いられる。ここで、これらの元素をドーピングする場合、ドーピング量は適宜設定することができる（例えば、高濃度にn形をドーピングしたn⁺⁺-ZnO等を用いることができるが、これに限定されない）。このようなチャネル層11等と同じ構造・組成の材料をベースとすることで、格子定数の整合性の良い高品質な半導体デバイスを作製することができる。また、その他に、例えば、Al、Cu等の金属や、高ドーピングした半導体ポリシリコン等を用いることができる。さらに、ソース12、ドレイン13又はゲート14としては、その他に、In₂O₃、SnO₂、(In-Sn)O_xなどの透明導電体を用いることもできる。

(2) 緩衝層のある基板を備えたFET

図6に、本発明に係る半導体デバイスの第2の実施の形態の断面図を示す。図6(A)に示されるように、第2の実施の形態は、FETに関するものあり、ソース12、ドレイン13、ゲート14、ゲート絶縁層15、チャネル層17、緩衝層18、基板16を備える。

チャネル層11が、ドーピングしていない純粋な場合又はわずかに不純物がドーピングされた場合には、図1のような構成により、基板16とチャネル層11の格子定数の整合性は良いものとなる。一方、この第2の実施の形態は、チャネル層17に、不純物がかなりの量（例えば、10～20%程度等）ドーピングされたものを用いる場合等について、さらに格子定数の整合性を高めることができるようにしたものである。ここでは、そのために、緩衝層18を基板16とチャネル層17の間に設けるようにした。

チャネル層17は、第1の実施の形態と同様の組成の材料が用いられるが、こ

ここでは、特に、不純物が比較的大量にドーパされたものを用いることができる。
また、基板 16 については、第 1 の実施の形態と同様に、チャンネル層 17 に応じて、整合性の高い材料が適宜用いられる。緩衝層 17 としては、II 族酸化物又は III 族窒化物をチャンネル層 17 として用いた場合、それと同じ組成でドーパ量を
5 わずかとした又はドーパしない絶縁性材料を用いることができる。例えば、チャンネル層 17 として例えば ZnO を用いた場合、緩衝層 17 は、1 価の価数を取りうる元素又は V 族元素をわずかにドーパした絶縁性 ZnO 等の絶縁性材料、又はドーパしない純粋な絶縁性 ZnO 等の絶縁性半導体を用いることができる。1 価の価数を取りうる元素としては、例えば、I 族元素 (Li, Na, K, Rb, Cs)、Cu, Ag, Au 等がある。V 族元素としては、N, P, As, Sb, Bi 等がある。第 2 の実施の形態においても、第 1 の実施の形態で説明したように、チャンネル層 17 と、その薄膜材料と同様の組成の材料を用いた緩衝層 18 と、基板 16 との各々の材料の組み合わせは、格子定数の整合性を考慮して適宜のものを
10 選択することができる。

15

(3) 半導体デバイスの特性

以下に、本発明の好適な例として、第 1 の実施の形態のような ScAlMgO_4 基板上形成された ZnO 薄膜と、従来のようなサファイア基板上に形成された ZnO 薄膜との特性を比較して説明する。この例では、レーザ分子線エピタキシ
20 法又はパルスレーザ堆積法を用い、基板温度 300~1000 度で、ZnO を形成したものである。

図 7 に、酸化亜鉛薄膜及び酸化亜鉛バルク単結晶の電気特性の比較説明図を示す。この図では、 ScAlMgO_4 基板上及びサファイア基板上 ($\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ 基板上) にそれぞれ酸化亜鉛薄膜が形成された場合と、水熱合成法で作成された酸化亜鉛バルク単結晶の電気特性が比較される。電気特性としては、移動度 μ
25 と、室温での電子又はキャリア濃度を示すドナー濃度 N_D との関係が示される。

なお、抵抗率 ρ と、移動度 μ 及びドナー濃度 N_D との関係は、

$$\rho = 1 / (e \mu N_D)$$

となる。但し、 e は、電荷素量である。

- ZnO本来の物性を表すものとして、バルク単結晶の特性が示される。バルク
- 5 ZnO単結晶は、移動度が大で、ドナー濃度が小さく、良質の特性をもつ。この
ようなバルク単結晶の特性に近づけることが、本発明の目標のひとつである。一
方、従来のサファイア基板上にZnOを形成した場合は、移動度が小さく、ドナ
ー濃度が大きい。これに対し、本発明のScAlMgO₄基板上にZnOを形成
した場合は、従来と比較して、移動度が大で、ドナー濃度が小さく、ZnOバル
ク単結晶に近い良質な特性を得ることができる。さらに、この図では、本発明で
10 はもともと混入されるドナー濃度が小さいことが示されるので、ドナー又はアク
セプタの添加量を調整することによって、ドナー濃度及びアクセプタ濃度の制御
範囲・設定範囲が大きくとることができる。本発明によると、図示のように、キ
ャリア濃度が 10^{15} cm^{-3} 程度、電子移動度が $60 \sim 70 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 程度
15 の薄膜が、再現性良く形成することができる。なお、これらの特性の違いは、欠
陥、不純物、粒界等が原因と考えられる。

- そして、この図から判断されるように、本発明をトランジスタ等に適用すると
、スイッチング速度を高速とすることができる。また、本発明を電界効果ラン
ジスタ等に適用すると、電界を印加したときの空乏層幅が広がるので、スイッ
20 ング用ゲート電圧が低くて済む。また、本発明を、発光素子に適用すると、発光
効率を向上することができる。

- 図8に、酸化亜鉛薄膜及び酸化亜鉛バルク単結晶のX線逆格子マッピングの比
較説明図を示す。この図では、ScAlMgO₄基板上及びサファイア基板上に
それぞれZnO薄膜が形成された場合と、水熱合成法で作成された酸化亜鉛バル
ク単結晶の作成されたZnO薄膜が形成された場合のX線逆格子マッピングが示
25 される。また、この図では、 z 方向の格子定数の逆数 Q_z （縦軸）と、 x 方向の

格子定数の逆数 Q_x (横軸) との逆格子空間が示される。図示の矢印ような方向で、(a) 粒サイズの逆数、(b) 格子面間隔のゆらぎ、(c) 格子面方向のゆらぎ (モザイクネス) が、それぞれ表される。また、ここでは、一例として非対称回折面として、 $ZnO(114)$ についての特性を示すが、回折面 (115)

5、 (104) 、 (105) の各々についても同様な結果を得ることができる。

図示のように、本発明によると、従来に比べ、(a) 粒サイズが大きく、(b) 格子面間隔のゆらぎが小さく、且つ、(c) 格子面方向のゆらぎ (モザイクネス) が小さいことがわかる。そして、本発明によると、従来に比べ、結晶性が大幅に改善され、モザイクネスや粒サイズ等がバルク単結晶と同様な単結晶 ZnO 10 薄膜を得ることができる。また、図から、本発明において、格子定数がバルクに近づいたこと、及び、回折ピークがシャープになっている点が見られる。

図9に、X線ロックアップカーブの半値幅の基板温度依存性についての比較説明図を示す。この図では、 $ScAlMgO_4$ 基板上及びサファイア基板上の ZnO について、半値幅と成膜温度との関係が示される。

15 一般に、X線ロックアップカーブの半値幅は、格子面方向のゆらぎ (モザイクネス) 及び粒サイズを表すものである。すなわち、本発明は、X線ロックアップカーブの半値幅が、従来例に比べて小さいので、これらについての特性が良いことがわかる。例えば、本発明のように $ScAlMgO_4$ 基板を用いると、成膜温度が $300^\circ C$ 程度の低温で作成した ZnO 薄膜であっても、従来のサファイア基板上 20 に $1000^\circ C$ で堆積した薄膜と同程度のモザイクネス及び粒サイズとなり、非常に高い結晶性の薄膜を得ることができることがわかる。一般に、高い温度で薄膜を形成すると、層間に拡散が起こる場合があるが、本発明は、これを減少又は防止することができる。

図10に、薄膜表面の平坦さについての比較説明図を示す。図より、本発明による $ScAlMgO_4$ 基板上の ZnO 薄膜表面は、従来のサファイア基板上の ZnO 薄膜表面に比べて、表面の凹凸が格段に小さいことがわかる (例えば、精密

な計測によると $1/100$ 程度)。本発明では、ZnO 薄膜表面は、 0.26 nm (c 軸長の $1/2$) 又は 0.52 nm (c 軸長) のステップと、表面が原子レベルで平坦な薄膜を形成できる。

図 11 に、窒素濃度の基板温度依存性についての比較説明図を示す。この図は、本発明の ScAlMgO_4 基板上及び従来のサファイア基板上に窒素ドーピングした ZnO 薄膜を形成した場合について、窒素濃度と、成膜温度の関係を示す。本発明によると、従来例に比べ、窒素ドーピング量が 2 倍程度向上する (即ち、窒素がドーピングしやすい) ことができる。このことは、従来と同程度のドーピング量を得るために、約 50°C 低い成膜温度で、ZnO 薄膜を形成することができること、即ち、ドーピング特性が向上することを表す。なお、窒素ドーピング特性は、デバイスのアクセプタとしての特性に相当する。

(3') 他の FET

図 12 に、本発明に係る半導体デバイスの第 3 の実施の形態の断面図を示す。

図 12 (A) に示される第 3 の実施の形態は、FET に関するもので、チャンネル層 21、ソース 22、ドレイン 23、ゲート 24、ゲート絶縁層 25、基板 26 を備える。基板 26 の上にソース 22 及びドレイン 23 が形成される。これらを覆うように、チャンネル層 21 が形成される。チャンネル層 21 には、さらに、ゲート絶縁層 25 が形成される。ゲート絶縁層 25 の上には、ゲート 24 が形成される。ここでは、ゲート 24、ゲート絶縁層 25 及びチャンネル層 21 が、MIS 構造となっている。

図 12 (B) は、第 3 の実施の形態の変形であり、図 12 (A) に示されたものとは、ゲート絶縁層 25 が形成されておらず、ゲート 24 とチャンネル層 21 とがショットキー接合の構造となっている。図 12 (A) のようにゲート絶縁層 25 を有する場合は、ゲートの印加電圧の制限が少ない。これに対し、図 12 (B) のようにゲート絶縁層 25 を有しない場合は、ゲートーソース間及びゲートー

ドレイン間の絶縁耐圧が低くなる。また、この場合は、製造プロセスは簡単となる。

これらの構成においても、第1及び第2の実施の形態で説明したように、チャネル層21又はソース22、ドレイン23の薄膜材料と、基板26又はゲート絶縁層25の材料とは、両者の格子定数が整合するように、適宜の組み合わせを用いることができる。

図13に、本発明に係る半導体デバイスの第4の実施の形態の断面図を示す。第4の実施の形態は、FETに関するものであり、チャネル層31、ソース32、ドレイン33、ゲート34、ゲート絶縁層35、基板36を備える。基板36の上にチャネル層31が形成される。チャネル層31には、ゲート絶縁層35が形成され、ゲート絶縁層35の上には、ゲート34が形成される。ソース32及びドレイン33は、例えば、ゲート絶縁層35をマスクとする拡散又はイオン注入等により、形成されることができる。また、この実施例の変形としてゲート34のサイズを適宜設定することにより、ゲート絶縁層35を省略することもできる。

これらの構成においても、第1及び第2の実施の形態で説明したように、チャネル層21の薄膜材料と、基板26又はゲート絶縁層35との材料は、両者の格子定数が整合するように、適宜の組み合わせを用いることができる。さらに、第2の実施の形態で説明したように、チャネル層31の薄膜材料及び不純物のドーピング量に応じて、チャネル層31と基板36との間には、緩衝層をさらに備えることができる。

なお、上述の第3及び第4の実施の形態において、特に言及してない場合、各構成要素の材料は、第1の及び第2の実施の形態で説明したものと同様の物質を用いることができる。

(4) 発光素子

図14に、本発明に係る半導体デバイスの第5の実施の形態の断面図を示す。この実施の形態は、レーザダイオード等の発光素子に関するもので、発光層41、p形半導体層42、n形半導体層43、第1及び第2の電極45及び電極46、基板47を備える。

- 5 発光層41は、p形半導体42とn形半導体43に挟まれており、例えば、ドーピングしてないZnOを用いたり、(Mg, Zn)O及びZnOの極薄い厚さの多層膜で構成することができる。この場合、ZnOは井戸層と呼ばれ、(Mg, Zn)O層はバリア層と呼ばれるものである。また、井戸層のバンドギャップよりバリア層のバンドギャップが大きいものが用いられる。発光層41の他の材料例としては、(Zn, Cd)O及びZnOの多層構造、(Mg, Zn)O及び
- 10 (Zn, Cd)Oの多層構造等を用いることができる。さらに、発光層41としては、多層反射膜や、ダブルヘテロ構造、面発光レーザ構造など、適宜の構成を採用して組み合わせることもできる。

- これらp形半導体42及びn形半導体43の材料のベースとしては、第1の実
- 15 施の形態で述べた各材料を適宜用いることができる。p形半導体42としては、例えば、p形ZnO等のII族酸化物又はp形GaN、AlN、InGaN、AlInN等のIII族窒化物が使用される。p形ZnOの場合は、例えば、I族元素(Li, Na, K, Rb, Cs)、V族元素(N, P, As, Sb, Bi)をドーピングしたZnOである。また、n形半導体43としては、例えば、n形ZnO等のII族酸化物又はn形GaN、AlN等のIII族窒化物が使用される。n形ZnOの場合は、例えば、III族元素(B, Al, Ga, In, Tl)、VII族元素(F, Cl, Br, I)をドーピングしたZnOである。これらの各元素のドーピング量は、素子の寸法、厚さ、集積度、性能等に応じて適宜の量とすることができる。第2の電極(n型電極)46の材料は、例えば、第1の実施の形態で説明した、ソース12、ドレイン13又はゲート14の材料と同様のものが用いられる。第1
- 20 の電極(p型電極)45としては、例えば、Au、Pt、Ni/Ti(多層構造

）等によるオーミック電極が用いられる。

これらの構成においても、第1の実施の形態で説明したように、n形半導体層43（基板47に接合される半導体層がp形の場合はp形半導体層）の薄膜材料と、基板47の材料は、両者の格子定数が整合するように、適宜の組み合わせを用いることができる。さらに、第2の実施の形態で説明したように、n形半導体層43の薄膜材料及び不純物のドーピング量に応じて、n形半導体層43と基板47との間に、緩衝層をさらに備えることができる。なお、p形半導体42、n形半導体43、発光層41、基板47の全て又は一部に格子整合の良い材料の組み合わせを用いることで、高品質の半導体デバイスを製造することができる。

なお、上述の第5の実施の形態において、特に言及してない場合、各構成要素の材料は、第1の及び第2の実施の形態で説明したものと同様の物質を用いることができる。また、透明な半導体を用いると、発光層から図の上面又は下面に向けても光を出射することができ、本発明を、面発光レーザやエレクトロルミネセンス素子等の発光素子等に多様に応用することができる。

（5）表面弾性波素子SAW(Surface Acoustic Wave)

図15に、本発明に係る半導体デバイスの第6の実施の形態の構成図を示す。図15（A）には、SAWの斜視図を、図15（B）には、そのB-B'断面図をそれぞれ示す。

SAWは、基板111、半導体層112、入力電極113及び出力電極114を備える。SAWは、入力電極113から、高周波信号が入力されると、SAWのフィルタ特性により、適宜の信号が出力電極114から出力される半導体デバイスである。

半導体層112は、絶縁性半導体であり、ベースとしては、第1の実施の形態で述べた各材料を適宜用いることができる。半導体層112としては、例えば、ドーピングしない又はI族元素又はIII族元素をドーピングした絶縁性ZnO

を用いることができる。なお、粒界を押さえるために不純物として、例えば、II Id遷移金属（C o，N i等）を少し添加してもよい。

これらの構成においても、第1及び第2の実施の形態で説明したように、半導体層112の薄膜材料と、基板111、入力電極113、出力電極114の材料とは、両者の格子定数が整合するように、適宜の組み合わせを用いることができる。

(6) その他の応用

本発明は、各層の面が極めて平坦に形成することができるので、積層形半導体デバイスに適用する際に、非常に有効である。その際、各層と接合する層との格子定数の整合性を考慮して、上述の材料を適宜選択して積層することができる。さらに、複数の種類のトランジスタを選択して混合して積層しても良い。

本発明は、SAWの他、光導波路、回折格子等の光集積回路、光デバイスに適用することもできる。また、本発明は、バリスタ、湿度センサ、温度センサ、ガスセンサ等の各種センサに応用することもできる。また、本発明は、メモリにも、応用することができる。なお、メモリに応用する際は、トランジスタ及びコンデンサをマトリクス状に配列し、各コンデンサを各トランジスタで駆動することにより、メモリデバイスを実現することができる。また、本発明は、トランジスタ、発光素子、コンデンサ等の適宜の素子を同一基板に作成することができる。その他、高品質の結晶が形成されることで、幅広い分野での半導体デバイスへの応用が可能である。

なお、半導体デバイス及び各層の大きさ、厚さ、寸法、などは、用途やプロセス等に応じて適宜設計することができる。ドーピング量は、製造プロセス、デバイス性能等、必要に応じて適宜設定することができる。

また、n形半導体、p形半導体、導電性材料及び絶縁性材料として、半導体をZnOをベースとして各元素をドーピングする例を述べたが、これに限られるもので

はない。また、第1及び第2の実施の形態では、基板上にチャネル層が形成される場合について説明したが、その他の実施の形態でも示されるように、基板上には、チャネル層以外にも、絶縁性若しくは導電性の半導体層、ドーパ無し若しくは有りの半導体層、又は、n形若しくはp形の半導体層を適宜形成することができる。

産業上の利用可能性

本発明によると、ZnO等のII族酸化物、又は、GaN等のIII族窒化物等の薄膜材料と、格子整合の極めて良い酸化物結晶を基板として使用したことにより、薄膜材料の質を飛躍的に向上し、バルク単結晶に匹敵する高品質の薄膜を作成し、特性の優れた半導体デバイスを作成することができる。また、本発明によると、粒界がほとんど無く、粒サイズが大きく、格子面間隔のゆらぎも小さく、モザイクネスも極めて小さい、殆ど単結晶に近い高品質のZnO、GaN等の半導体薄膜を形成することができる。

本発明によると、例えば、 ScAlMgO_4 (SCAM) 結晶等がZnOに対して格子不整合が小さいことから(約0.13%)、その基板上にほぼ単結晶のZnO薄膜を作製することができる。また、本発明によると、従来のようなサファイア基板等を用いた場合に比べて、SCAM基板上的ZnOは、電子移動度が高く、ZnO単結晶に近いものとすることができる。

また、本発明によると、透明半導体材料であるZnOと、透明高絶縁性のSCAM基板とを組み合わせることで、透明な半導体デバイスを作製できるとともに、ヘテロ構造デバイスの性能を著しく向上することができる。さらに、FET等における各電極材料、絶縁層等の適宜のものの一部又は全部について、透明な材料を用いるようにしても良い。

また、本発明をトランジスタ等に適用すると、スイッチング速度を高速とする

ことができる。また、本発明を電界効果トランジスタ等に適用すると、電界を印加したときの空乏層幅が広がるので、スイッチング用ゲート電圧が低くて済む。また、本発明を、発光素子に適用すると、発光効率を向上することができる。

5 本発明によると、電界効果トランジスタやバイポーラトランジスタ、GaNベースの窒化物青色レーザを含む発光素子（LED、レーザ）、表面弾性波素子（SAW）、センサ等の各種電子デバイスに、適用することができ、それらの性能を向上させることができる。

請 求 の 範 囲

1. LnAlBO_4 又は $\text{LnAlO}_3(\text{BO})_n$

(Ln: Sc, In, Lu, Yb, Tm, Ho, Er, Y等の希土類元素、

5 A: Fe, Ga, Al、

B: Mn, Co, Fe, Zn, Cu, Mg, Cd)

を基本構造とするいずれかの材料を用いた基板と、

酸化亜鉛 ZnO 、酸化マグネシウム亜鉛 $\text{Mg}_x\text{Zn}_{1-x}\text{O}$ 、酸化カドミウム
亜鉛 $\text{Cd}_x\text{Zn}_{1-x}\text{O}$ 、酸化カドミウム CdO 等のII族酸化物のいずれかの材

10 料を用い、前記基板上に形成された半導体層と

を備えた半導体デバイス。

2. 前記基板の材料として、

ScAlMgO_4 、 ScAlZnO_4 、 ScAlCoO_4 、 ScAlMnO_4 、

15 ScGaZnO_4 、 ScGaMgO_4 、又は、

$\text{ScAlZn}_3\text{O}_6$ 、 $\text{ScAlZn}_4\text{O}_7$ 、 $\text{ScAlZn}_7\text{O}_{10}$ 、又は、

$\text{ScGaZn}_3\text{O}_6$ 、 $\text{ScGaZn}_5\text{O}_8$ 、 $\text{ScGaZn}_7\text{O}_{10}$ 、又は、

$\text{ScFeZn}_2\text{O}_5$ 、 $\text{ScFeZn}_3\text{O}_6$ 、 $\text{ScFeZn}_6\text{O}_9$ のいずれかを用

い、

20 前記半導体層の材料として、 ZnO を用いたことを特徴とする請求項1に記載
の半導体デバイス。

3. 前記基板の材料として、

$\text{ScAlO}_3(\text{ZnO})_n$ 、 $\text{ScFeO}_3(\text{ZnO})_n$ 、 $\text{ScGaO}_3(\text{ZnO})_n$ 、

25 $\text{InFeO}_3(\text{ZnO})_n$ 、 $\text{InGaO}_3(\text{ZnO})_n$ 、 $\text{InAlO}_3(\text{ZnO})_n$ 、 $\text{YbAlO}_3(\text{ZnO})_n$ 又は $\text{LuAlO}_3(\text{ZnO})_n$ のいずれ

かを用い、

前記半導体層の材料として、ZnOを用いたことを特徴とする請求項1に記載の半導体デバイス。

- 5 4. ScAlBeO_4 、 ScBMgO_4 又は ScBBBeO_4 、又は、 InAlO_3 (MgO)_n (ここで、A: Fe, Ga, Al) を基本構造とするいずれかの材料を用いた基板と、

GaN、AlN、InGaN又はAlInNのいずれかの材料を用い、前記基板上に形成された半導体層と

- 10 を備えた半導体デバイス。

5. 前記基板と前記半導体層との間に、さらに、前記半導体層と同じ組成又は構造の材料をベースとして不純物をわずかにドーピングした又はドーピングしない絶縁性材料を用いた緩衝層をさらに備えたことを特徴とする請求項1乃至4のいずれかに記載の半導体デバイス。

6. 前記半導体層としてZnOを用い、

- 前記緩衝層として、1価の価数を取りうる元素又はV族元素をわずかにドーピングした絶縁性ZnO等の絶縁性材料、又はドーピングしない純粋な絶縁性ZnO等の絶縁性半導体を用いたことを特徴とする請求項5に記載の半導体デバイス。

7. 前記基板と同じ基本構造の材料を用いた絶縁層をさらに備えたことを特徴とする請求項1乃至6のいずれかに記載の半導体デバイス。

- 25 8. 前記半導体層と同じ組成又は構造の材料をベースとして用い、前記半導体層上に形成された発光層と、

前記半導体層と同じ組成又は構造の材料をベースとして用い、前記発光層上に形成され、前記半導体層と異なるチャネルの第2の半導体層とをさらに備えたことを特徴とする請求項1乃至7のいずれかに記載の半導体デバイス。

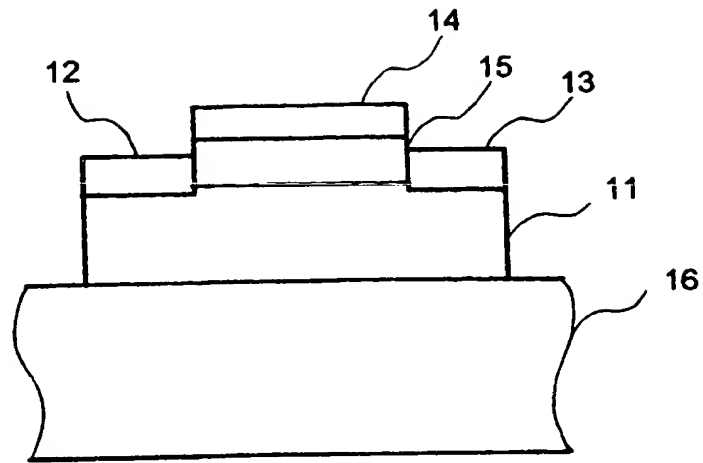
5

9. 前記発光層は、(Mg, Zn)O及びZnOの多層構造、(Zn, Cd)O及びZnOの多層構造、又は、(Mg, Zn)O及び(Zn, Cd)Oの多層構造のいずれかを用いたことを特徴とする請求項8に記載の半導体デバイス。

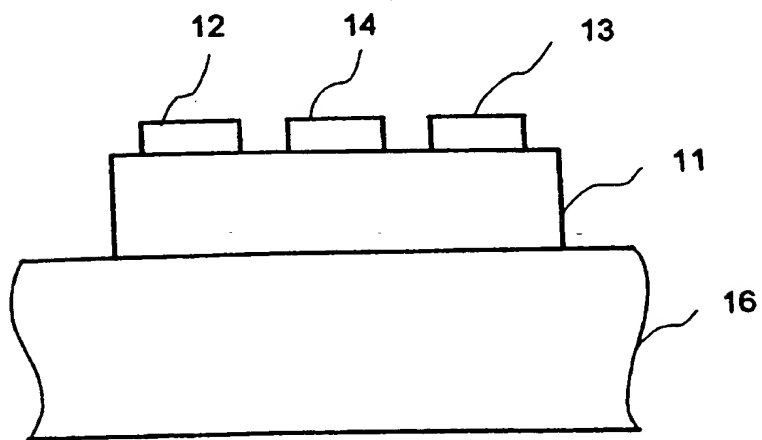
10 10. 前記半導体層は絶縁性半導体であり、

前記半導体層上に形成された入力電極及び出力電極とをさらに備え、フィルタ特性を有することを特徴とする請求項1乃至7のいずれかに記載の半導体デバイス。

図 1



(A)



(B)

2 / 15

図 2

薄膜材料	格子定数 (Å)
Z n O	3 . 2 4 9
A l N	3 . 1 1 2
G a N	3 . 1 8 9
I n N	5 . 7 6

図 3

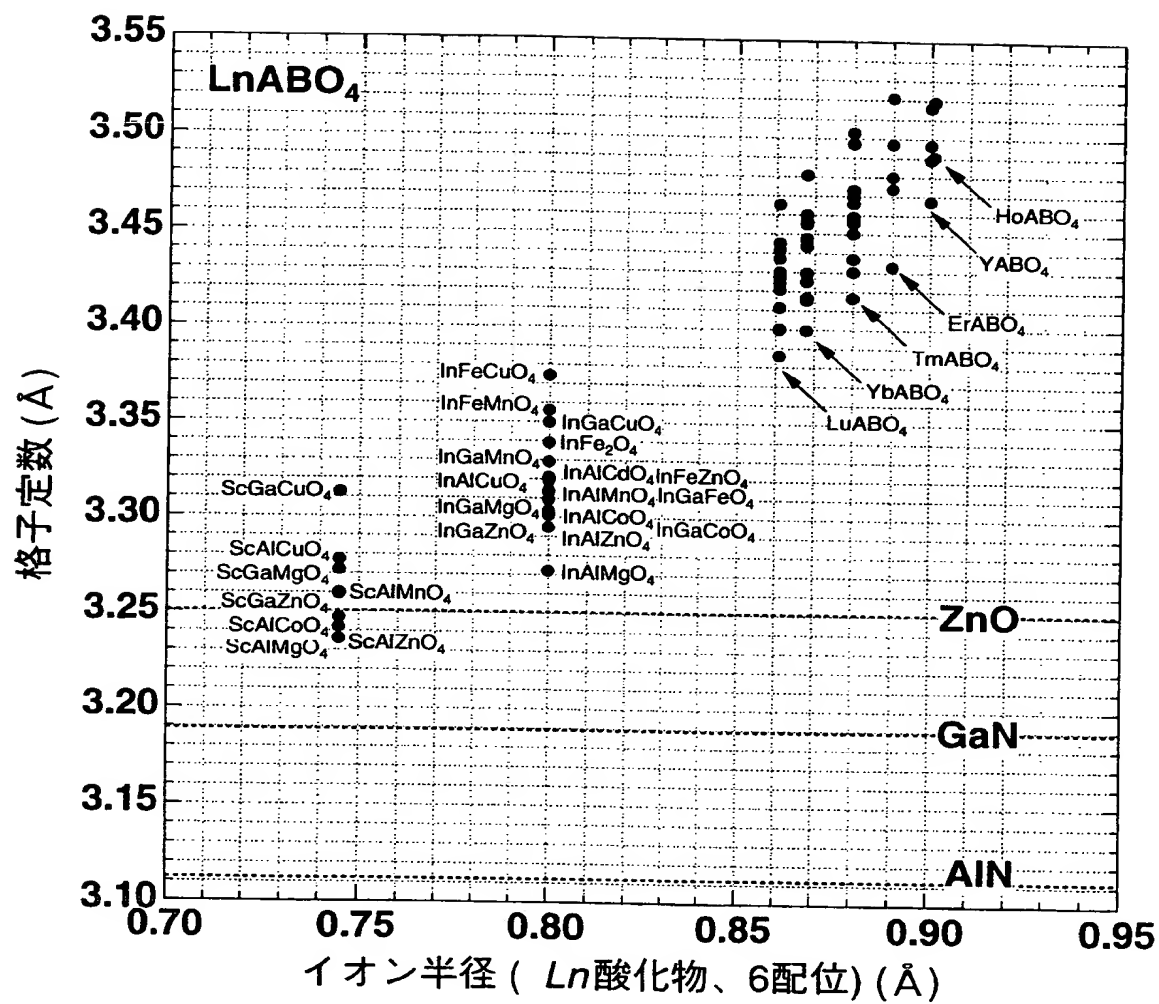
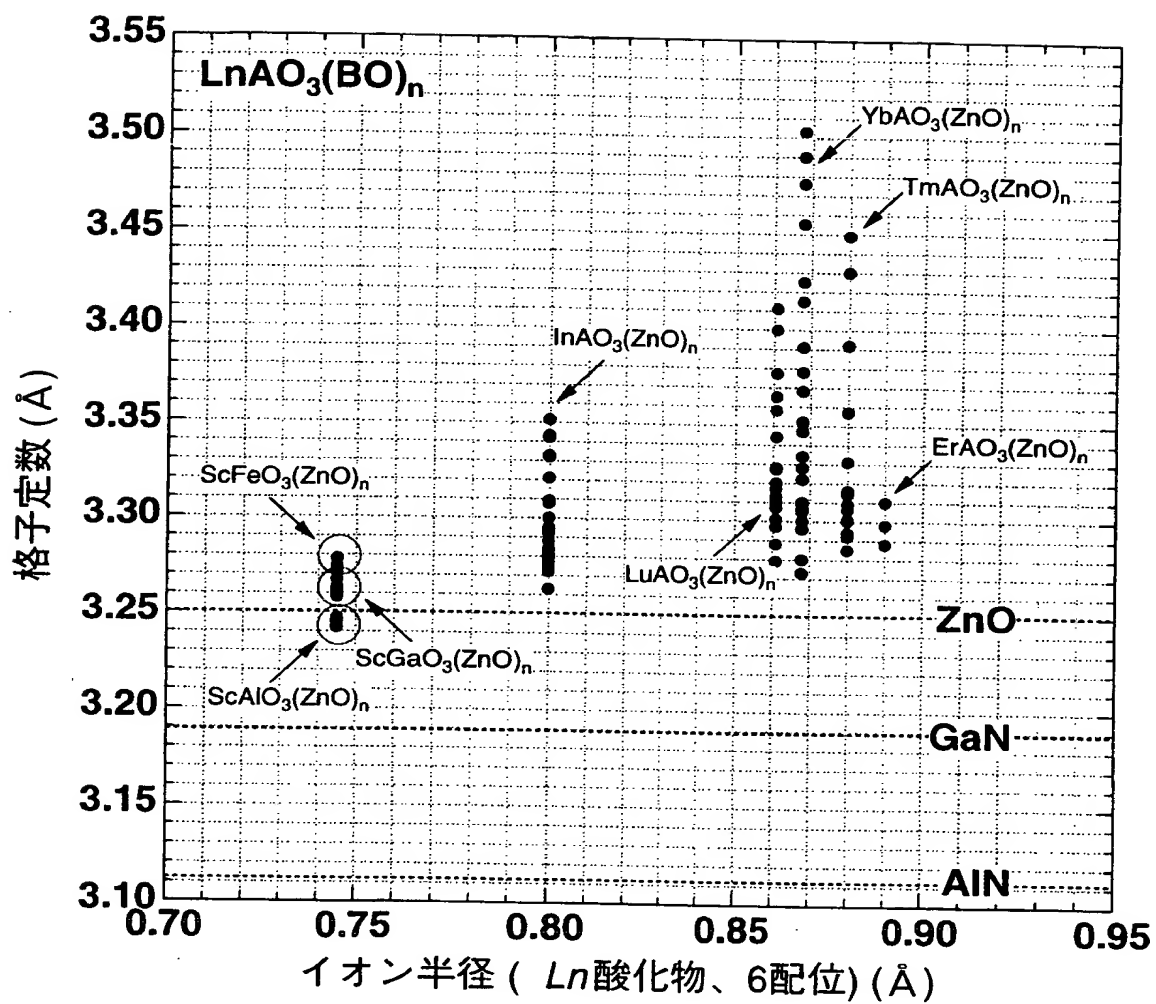


図 4

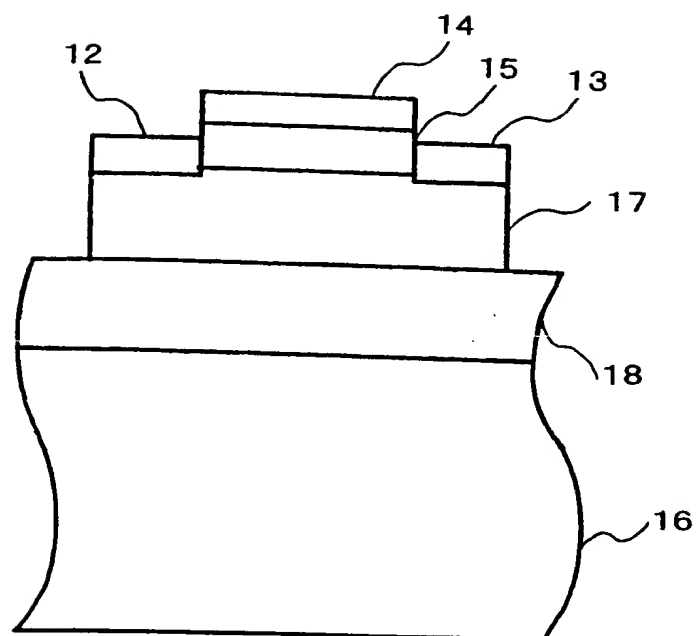
基板材料	格子定数 (Å)
ScAlMgO_4	3. 236
ScAlZnO_4	3. 242
ScAlCoO_4	3. 247
ScAlMnO_4	3. 260
ScGaZnO_4	3. 259
ScGaMgO_4	3. 272

図 5

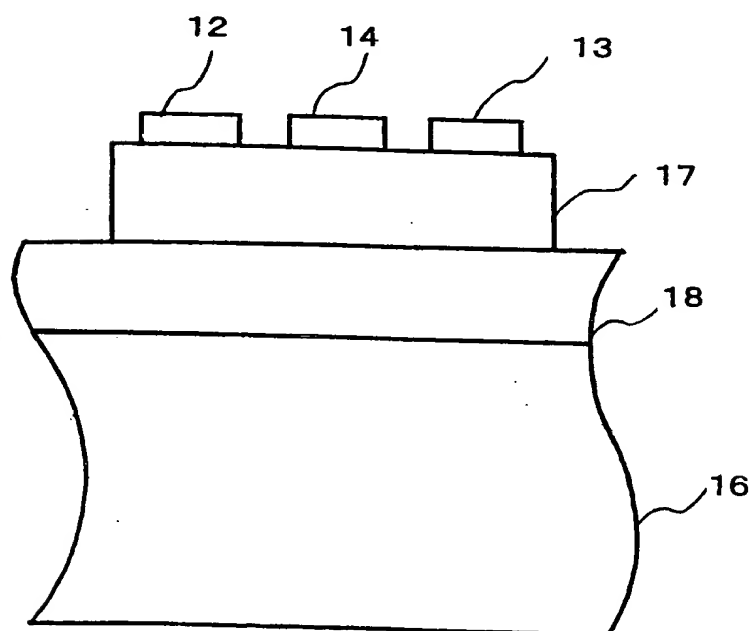


6 / 15

図 6



(A)



(B)

図 7

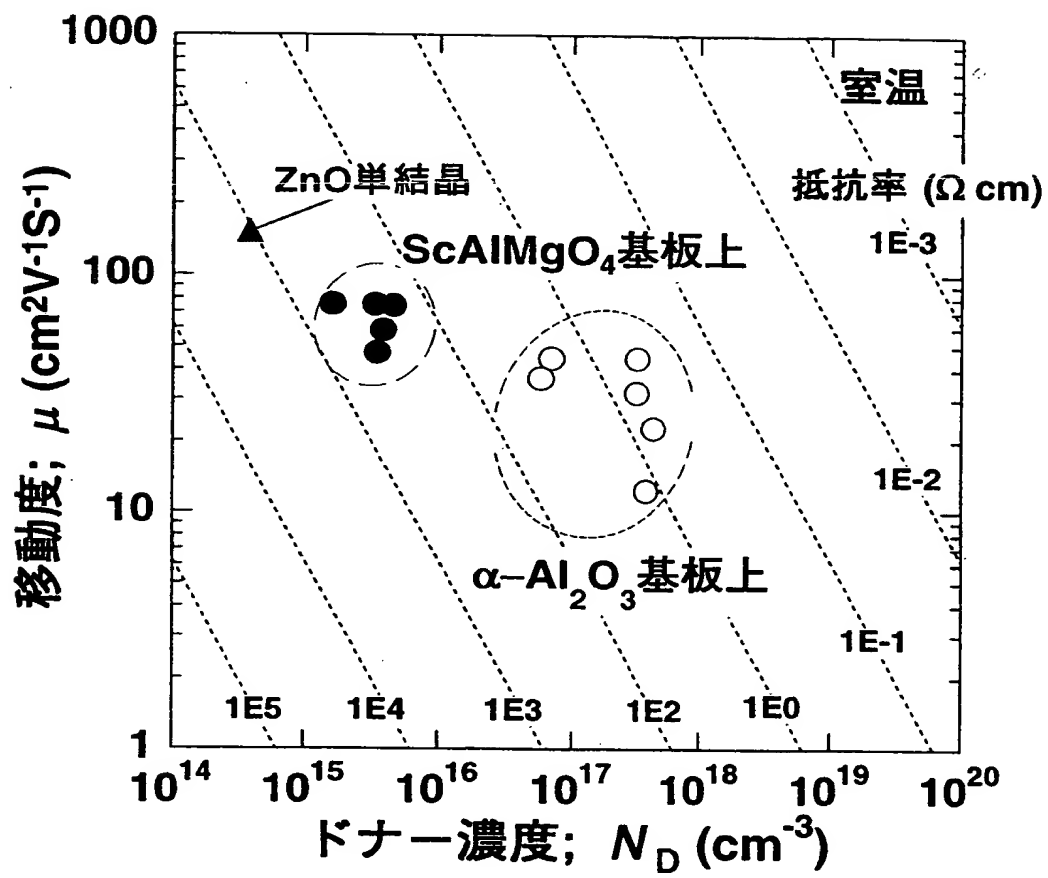
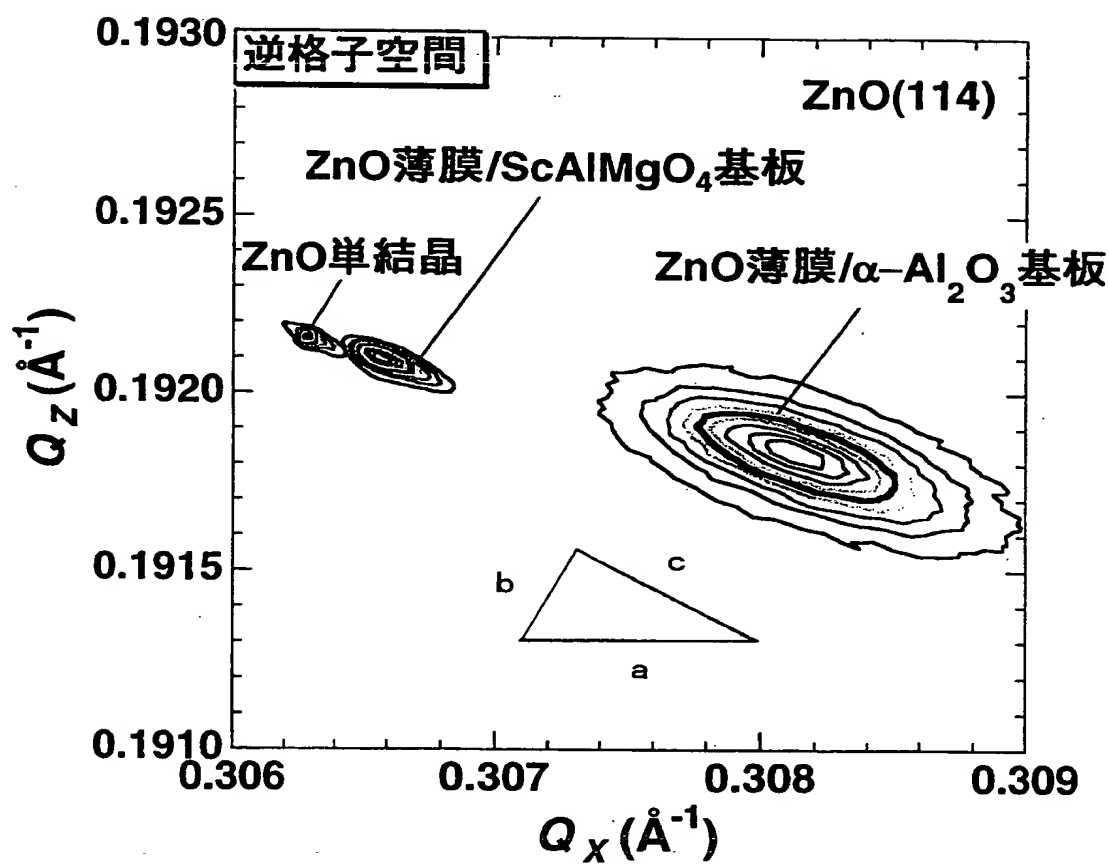


図 8



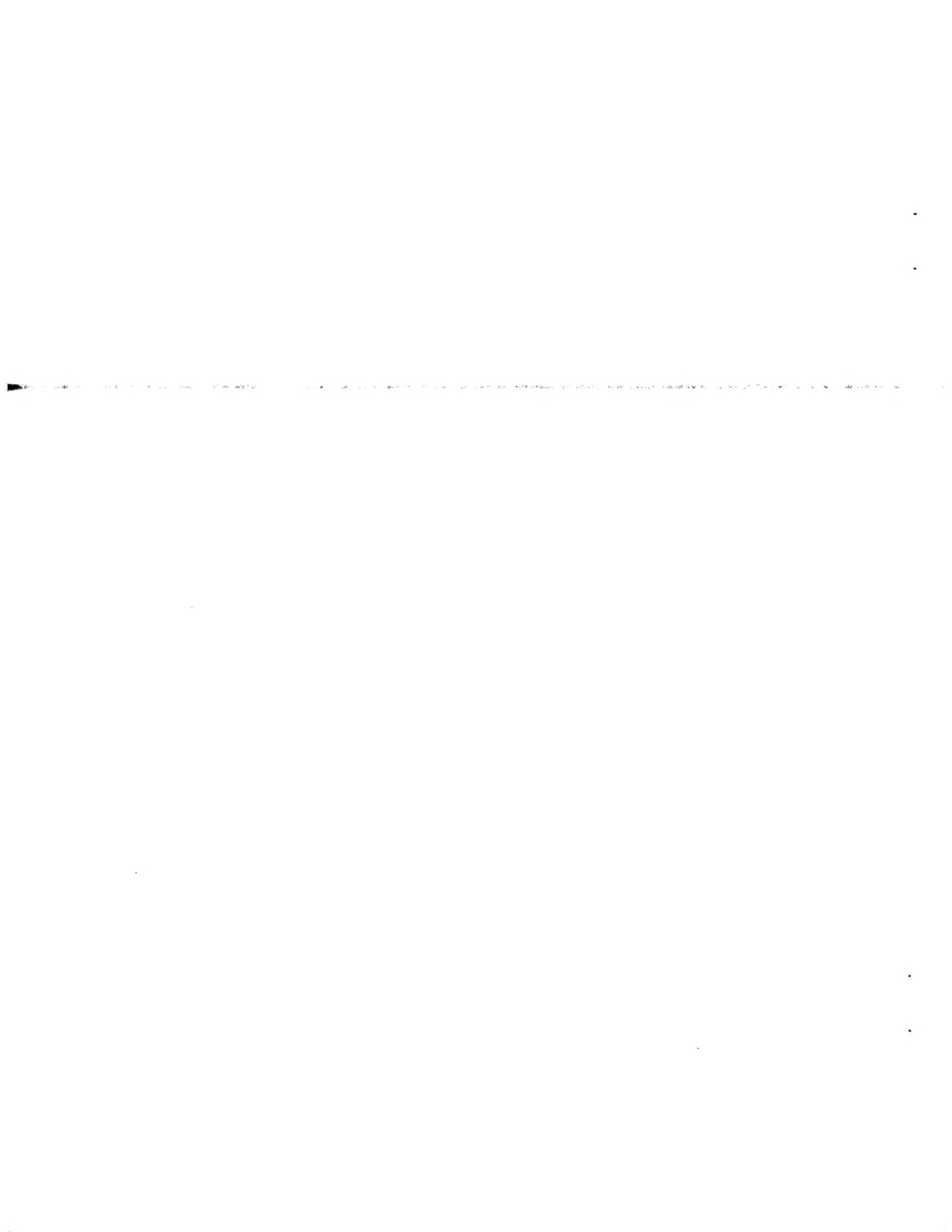


図 9

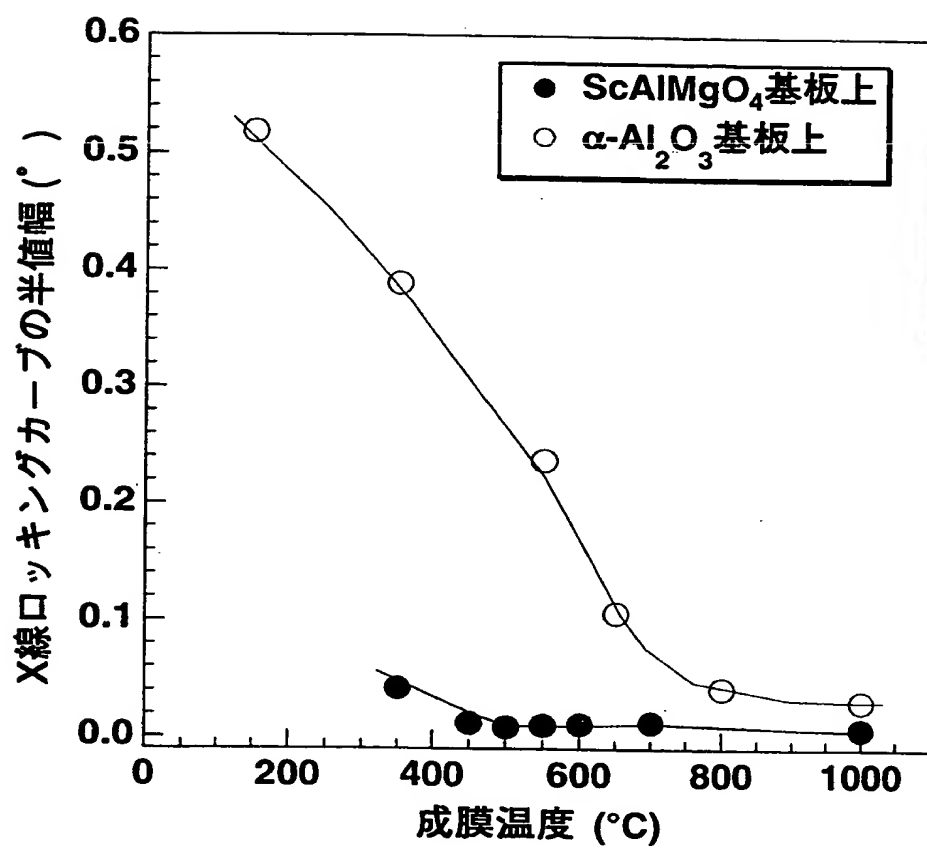


図 10

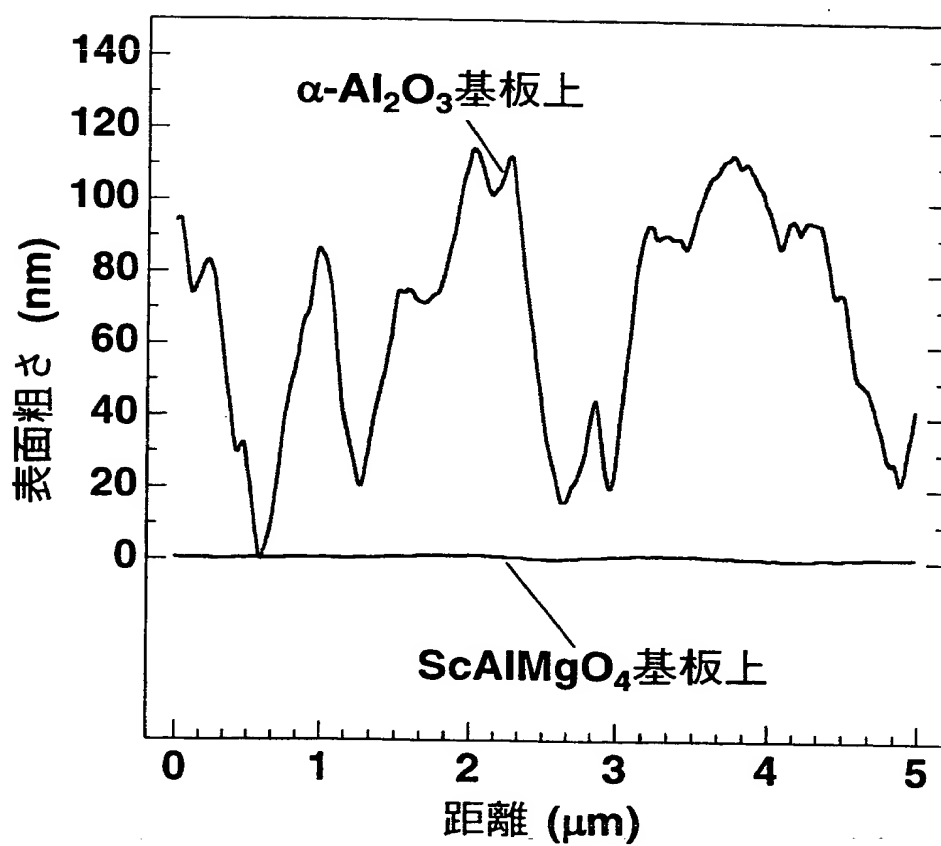


図 1 1

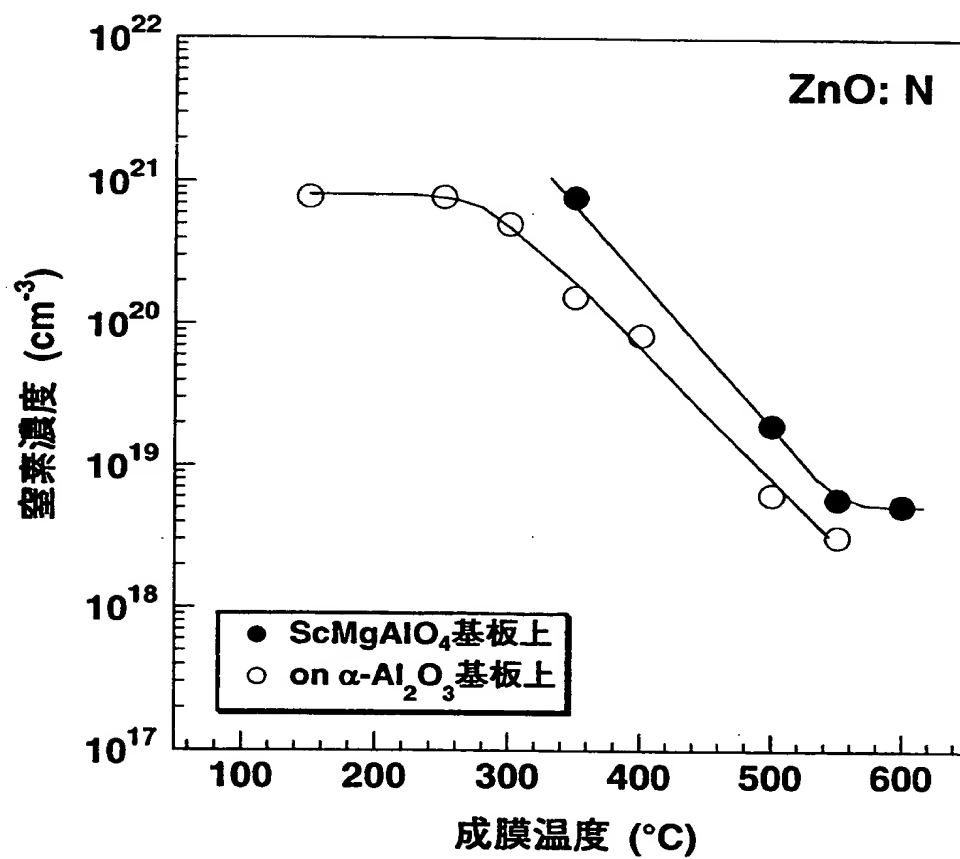
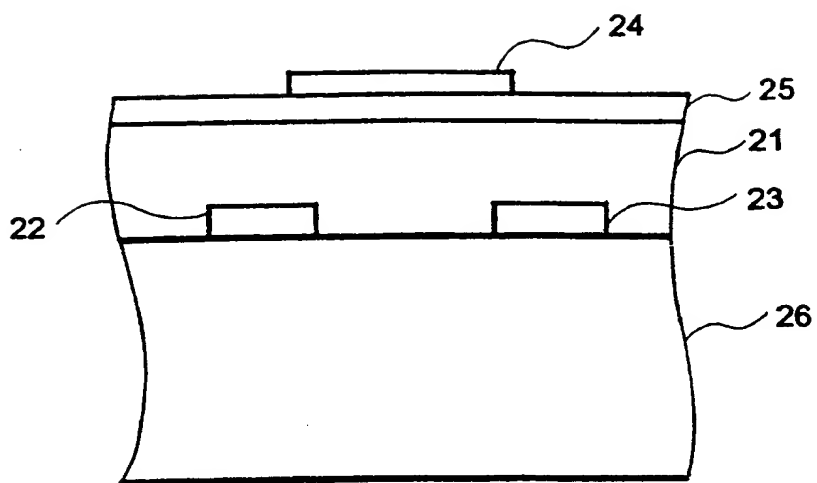
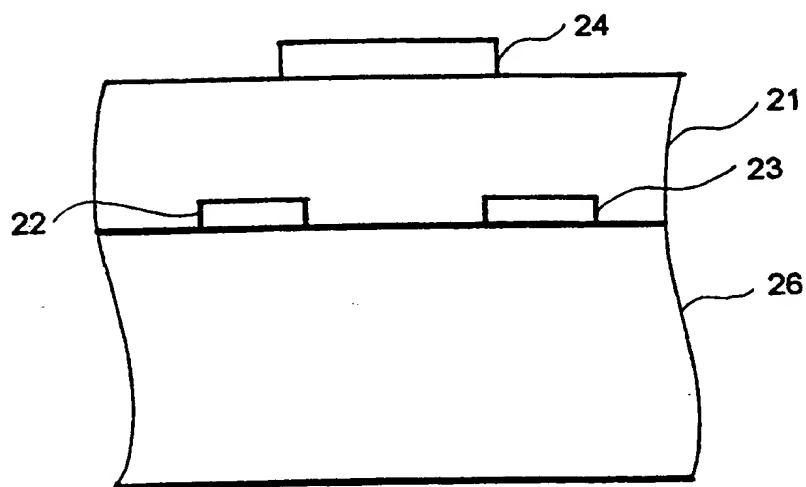


図 12



(A)



(B)

13 / 15

図 13

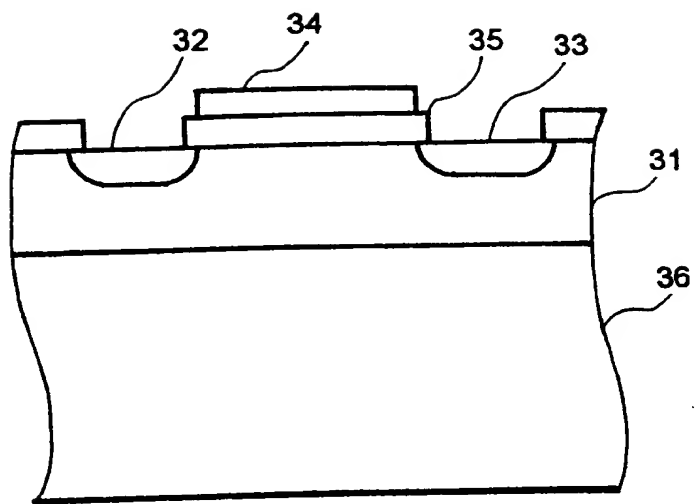
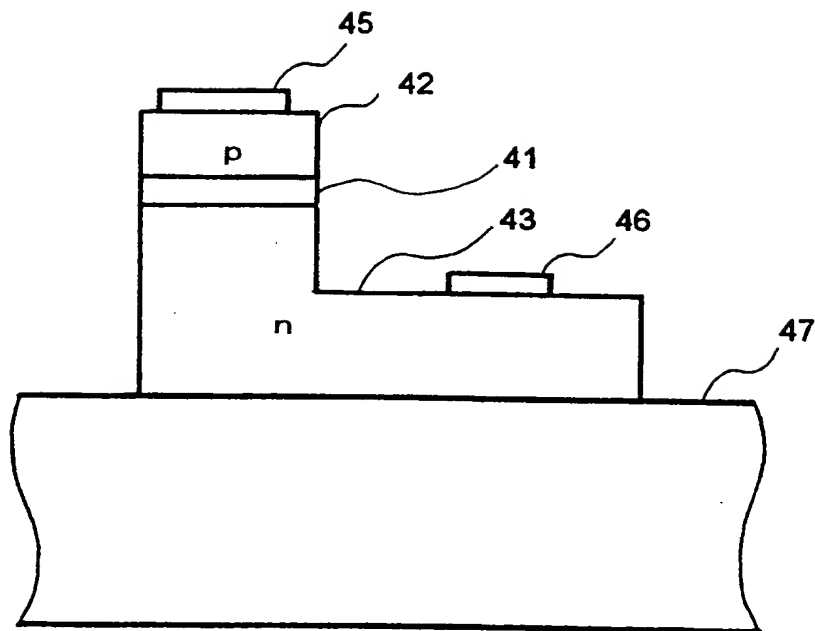




図 14





4

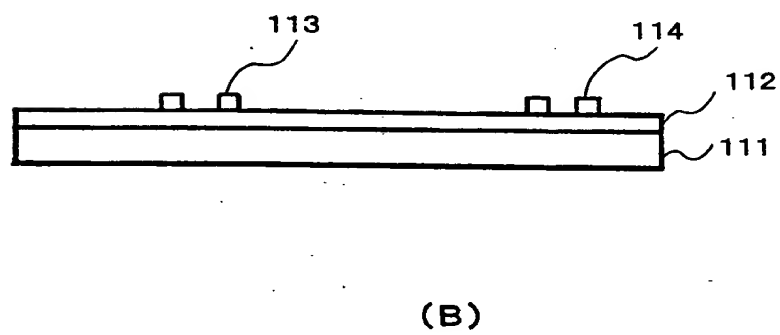
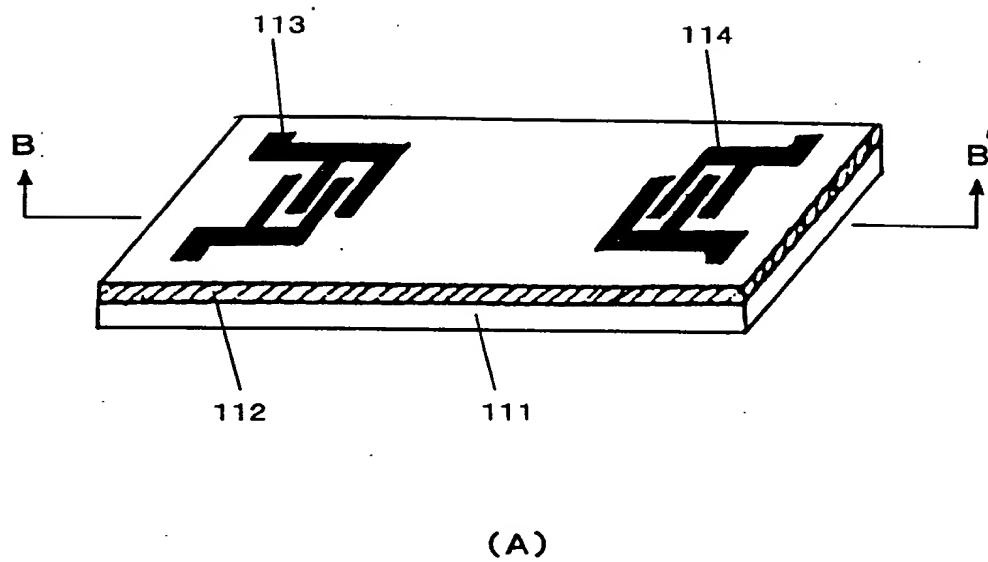
4

1. The first part of the document is a list of the names of the persons who have been named in the document. The names are listed in alphabetical order. The names are: [illegible]

4

4

図 15





4

5

1. The first part of the document is a list of names and addresses. The names are: John Doe, Jane Smith, and Bob Johnson. The addresses are: 123 Main St, 456 Elm St, and 789 Oak St.

6

7

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP00/01736

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl⁷ H01L29/12 C01G51/00 C01G45/00 C01G9/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁷ H01L29/12 H01L29/80 H01L21/20 H01L21/205
H01L21/205 H01L31/00 H01S5/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2000

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

JICST FILE (JOIS) WPI (DIALOG) INSPEC (DIALOG)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	EP, 863555, A (Japan Science and Technology Corp.), 09 September, 1998 (09.09.98), page 4, line 34 to page 5, line 17; page 7, line 20 to page 11, line 2 & JP, 10-256673, A page 3, left column, lines 1 to 39 & JP, 10-270749, A Full text	1-3, 5-9
Y	US, 5530267, A (AT&T Corp.), 25 June, 1996 (25.06.96), Full text & JP, 8-288220, A Full text & EP, 732755, A	4-9
Y	Kimizuka, N. & Mohri, T. "Structural Classification of RAO ₃ (MO) _n Compounds (R=Sc, In, Y or Lanthanides; A=Fe(III), Ga, Cr, or Al; M=Divalent Cation; n=1-11)", Journal of Solid-State Chemistry, vol.78, pp.98-107 (1989)	1-4
Y	Kimizuka, N. et al., "Homologous Compounds,	1-4

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier document but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family
---	---

Date of the actual completion of the international search
19 June, 2000 (19.06.00)

Date of mailing of the international search report
27 June, 2000 (27.06.00)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP00/01736

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
	InFeO ₃ (ZnO) _m (m=1-9)", Journal of Solid-State Chemistry, vol.74, pp.98-109 (1989)	
Y	Koike, J. et.al. "Quasi-Microwave Band Longitudinally Coupled Surface Acoustic Wave Resonator Filters Using ZnO/Sapphire Substrate", Jpn. J. Appl. Phys. part 1, vol.34, No.5B, pp.2678-2682 (1995)	10
PX PY	Ohtomo, A. et.al. "Single Crystalline ZnO Films Grown on Lat-tice-matched ScAlMgO ₄ (0001) Substrates", Appl. Phys. Lett. vol.75, No.17, pp.2635-2637 (1999)	1-2 3, 5-10

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ H01L29/12 C01G51/00 C01G45/00 C01G9/00

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ H01L29/12 H01L29/80 H01L21/20 H01L21/205
H01L31/00 H01S5/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年

日本国公開実用新案公報 1971-2000年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

JICSTファイル (JOIS) WPI (DIALOG) INSPEC (DIALOG)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	EP, 863555, A (Japan Science and Technology Corp.) 9. 9月. 1998 (09. 09. 98) 第4頁第34行-第5頁 第17行, 第7頁第20行-第11頁第2行 & JP, 10-256673, A, 第3頁左欄第1行-第39行 & JP, 10-270749, A, 全文	1-3, 5-9
Y	US, 5530267, A (AT&T Corp.) 25. 6月. 1996 (25. 06. 96) 全文 & JP, 8-288220, A, 全文 & EP, 732755, A	4-9

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

19. 06. 00

国際調査報告の発送日

27.06.00

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

小川 将之

4M

9634

電話番号 03-3581-1101 内線 3462

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	Kimizuka, N. & Mohri, T. "Structural Classification of $\text{RAO}_3(\text{MO})_n$ Compounds ($\text{R}=\text{Sc, In, Y}$ or Lanthanides; $\text{A}=\text{Fe(III), Ga, Cr, or Al}$; $\text{M}=\text{Divalent Cation}$; $n=1-11$)"	1-4
	Journal of Solid-State Chemistry, vol. 78, pp. 98-107 (1989)	
Y	Kimizuka, N. et. al. "Homologous Compounds, $\text{InFeO}_3(\text{ZnO})_m$ ($m=1-9$)"	1-4
	Journal of Solid-State Chemistry, vol. 74, pp. 98-109 (1989)	
Y	Koike, J. et. al. "Quasi-Microwave Band Longitudinally Coupled Surface Acoustic Wave Resonator Filters Using ZnO/Sapphire Substrate"	10
	Jpn. J. Appl. Phys. part 1, vol. 34, no. 5B, pp. 2678-2682 (1995)	
P X P Y	Ohtomo, A. et. al. "Single Crystalline ZnO Films Grown on Lattice-matched $\text{ScAlMgO}_4(0001)$ Substrates"	1-2 3, 5-10
	Appl. Phys. Lett. vol. 75, no. 17, pp. 2635-2637 (1999)	

E P



P C T

国際調査報告

(法 8 条、法施行規則第40、41条)
〔P C T 1 8 条、P C T 規則43、44〕

出願人又は代理人 の書類記号 P 0 0 9 9 P C	今後の手続きについては、国際調査報告の送付通知様式(P C T / I S A / 2 2 0) 及び下記 5 を参照すること。	
国際出願番号 P C T / J P 0 0 / 0 1 7 3 6	国際出願日 (日.月.年) 2 2 . 0 3 . 0 0	優先日 (日.月.年) 2 5 . 0 3 . 9 9
出願人 (氏名又は名称) 科学技術振興事業団		

国際調査機関が作成したこの国際調査報告を法施行規則第41条 (P C T 1 8 条) の規定に従い出願人に送付する。
この写しは国際事務局にも送付される。

この国際調査報告は、全部で 3 ページである。

☐ この調査報告に引用された先行技術文献の写しも添付されている。

1. 国際調査報告の基礎

a. 言語は、下記に示す場合を除くほか、この国際出願がされたものに基づき国際調査を行った。

☐ この国際調査機関に提出された国際出願の翻訳文に基づき国際調査を行った。

b. この国際出願は、ヌクレオチド又はアミノ酸配列を含んでおり、次の配列表に基づき国際調査を行った。

☐ この国際出願に含まれる書面による配列表

☐ この国際出願と共に提出されたフレキシブルディスクによる配列表

☐ 出願後に、この国際調査機関に提出された書面による配列表

☐ 出願後に、この国際調査機関に提出されたフレキシブルディスクによる配列表

☐ 出願後に提出した書面による配列表が出願時における国際出願の開示の範囲を超える事項を含まない旨の陳述書の提出があった。

☐ 書面による配列表に記載した配列とフレキシブルディスクによる配列表に記載した配列が同一である旨の陳述書の提出があった。

2. ☐ 請求の範囲の一部の調査ができない (第 I 欄参照)。

3. ☐ 発明の単一性が欠如している (第 II 欄参照)。

4. 発明の名称は ☒ 出願人が提出したものを承認する。

☐ 次に示すように国際調査機関が作成した。

5. 要約は ☒ 出願人が提出したものを承認する。

☐ 第 III 欄に示されているように、法施行規則第47条 (P C T 規則38.2(b)) の規定により国際調査機関が作成した。出願人は、この国際調査報告の発送の日から 1 カ月以内にこの国際調査機関に意見を提出することができる。

6. 要約書とともに公表される図は、

第 1 図とする。 ☒ 出願人が示したとおりである。

☐ なし

☐ 出願人は図を示さなかった。

☐ 本図は発明の特徴を一層よく表している。

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl. H01L29/14 C01G51/00 C01G45/00 C01G9/00

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl. H01L29/14 H01L29/80 H01L21/20 H01L21/205
H01L31/00 H01S5/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年
日本国公開実用新案公報 1971-2000年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

JICSTファイル (JOIS) WPI (DIALOG) INSPEC (DIALOG)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	EP, 863555, A (Japan Science and Technology Corp.) 9. 9月. 1998 (09. 09. 98) 第4頁第3.4行-第5頁 第17行, 第7頁第20行-第11頁第2行 & JP, 10-256673, A, 第3頁左欄第1行-第39行 & JP, 10-270749, A, 全文	1-3, 5-9
Y	US, 5530267, A (AT&T Corp.) 25. 6月. 1996 (25. 06. 96) 全文 & JP, 8-288220, A, 全文 & EP, 732755, A	4-9

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

- 「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

- 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

19. 06. 00

国際調査報告の発送日

27.06.00

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)
郵便番号 100-8915
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

小川 将之



4M

9634

電話番号 03-3581-1101 内線 3462

C (続き) . 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	Kimizuka, N. & Mohri, T. "Structural Classification of $RAO_3(MO)_n$ Compounds ($R=Sc, In, Y$ or Lanthanides; $A=Fe(III), Ga, Cr, or Al$; $M=D$ ivalent Cation; $n=1-11$)" Journal of Solid-State Chemistry, vol. 78, pp. 98-107 (1989)	1-4
Y	Kimizuka, N. et. al. "Homologous Compounds, $InFeO_3(ZnO)_m$ ($m=1-9$)" Journal of Solid-State Chemistry, vol. 74, pp. 98-109 (1989)	1-4
Y	Koike, J. et. al. "Quasi-Microwave Band Longitudinally Coupled Surface Acoustic Wave Resonator Filters Using ZnO/Sapphire Substrate" Jpn. J. Appl. Phys. part 1, vol. 34, no. 5B, pp. 2678-2682 (1995)	10
P X P Y	Ohtomo, A. et. al. "Single Crystalline ZnO Films Grown on Lattice-matched $ScAlMgO_4(0001)$ Substrates" Appl. Phys. Lett. vol. 75, no. 17, pp. 2635-2637 (1999)	1-2 3, 5-10

P C T

国際予備審査報告

(法第12条、法施行規則第56条)
[PCT36条及びPCT規則70]

REC'D 08 JUN 2001

WIPO PCT

出願人又は代理人 の書類記号 P 0 0 9 9 P C	今後の手続きについては、国際予備審査報告の送付通知（様式PCT/ I P E A / 4 1 6）を参照すること。	
国際出願番号 P C T / J P 0 0 / 0 1 7 3 6	国際出願日 (日.月.年) 2 2 . 0 3 . 0 0	優先日 (日.月.年) 2 5 . 0 3 . 9 9
国際特許分類 (I P C) Int. Cl7 H 0 1 L 2 9 / 1 2 C 0 1 G 5 1 / 0 0 C 0 1 G 4 / 0 0 C 0 1 G 9 / 0 0		
出願人 (氏名又は名称) 科学技術振興事業団		

1. 国際予備審査機関が作成したこの国際予備審査報告を法施行規則第57条 (PCT36条) の規定に従い送付する。
2. この国際予備審査報告は、この表紙を含めて全部で 4 ページからなる。
- ☐ この国際予備審査報告には、附属書類、つまり補正されて、この報告の基礎とされた及び/又はこの国際予備審査機関に対してした訂正を含む明細書、請求の範囲及び/又は図面も添付されている。
(PCT規則70.16及びPCT実施細則第607号参照)
この附属書類は、全部で ページである。
3. この国際予備審査報告は、次の内容を含む。
- I ☒ 国際予備審査報告の基礎
- II ☐ 優先権
- III ☐ 新規性、進歩性又は産業上の利用可能性についての国際予備審査報告の不作成
- IV ☐ 発明の単一性の欠如
- V ☒ PCT35条(2)に規定する新規性、進歩性又は産業上の利用可能性についての見解、それを裏付けるための文献及び説明
- VI ☐ ある種の引用文献
- VII ☐ 国際出願の不備
- VIII ☐ 国際出願に対する意見

国際予備審査の請求書を受理した日 0 1 . 0 9 . 0 0	国際予備審査報告を作成した日 2 5 . 0 5 . 0 1	
名称及びあて先 日本国特許庁 (I P E A / J P) 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	特許庁審査官 (権限のある職員) 小川 将之 電話番号 03-3581-1101 内線 3461	4 M 9 6 3 4



[REDACTED]

I. 国際予備審査報告の基礎

1. この国際予備審査報告は下記の出願書類に基づいて作成された。(法第6条(PCT14条)の規定に基づく命令に
応答するために提出された差し替え用紙は、この報告書において「出願時」とし、本報告書には添付しない。
PCT規則70.16, 70.17)

☒ 出願時の国際出願書類

- ☐ 明細書 第 _____ ページ、 出願時に提出されたもの
明細書 第 _____ ページ、 国際予備審査の請求書と共に提出されたもの
明細書 第 _____ ページ、 _____ 付の書簡と共に提出されたもの
- ☐ 請求の範囲 第 _____ 項、 出願時に提出されたもの
請求の範囲 第 _____ 項、 PCT19条の規定に基づき補正されたもの
請求の範囲 第 _____ 項、 国際予備審査の請求書と共に提出されたもの
請求の範囲 第 _____ 項、 _____ 付の書簡と共に提出されたもの
- ☐ 図面 第 _____ ページ/図、 出願時に提出されたもの
図面 第 _____ ページ/図、 国際予備審査の請求書と共に提出されたもの
図面 第 _____ ページ/図、 _____ 付の書簡と共に提出されたもの
- ☐ 明細書の配列表の部分 第 _____ ページ、 出願時に提出されたもの
明細書の配列表の部分 第 _____ ページ、 国際予備審査の請求書と共に提出されたもの
明細書の配列表の部分 第 _____ ページ、 _____ 付の書簡と共に提出されたもの

2. 上記の出願書類の言語は、下記に示す場合を除くほか、この国際出願の言語である。

上記の書類は、下記の言語である _____ 語である。

- ☐ 国際調査のために提出されたPCT規則23.1(b)にいう翻訳文の言語
☐ PCT規則48.3(b)にいう国際公開の言語
☐ 国際予備審査のために提出されたPCT規則55.2または55.3にいう翻訳文の言語

3. この国際出願は、ヌクレオチド又はアミノ酸配列を含んでおり、次の配列表に基づき国際予備審査報告を行った。

- ☐ この国際出願に含まれる書面による配列表
☐ この国際出願と共に提出されたフレキシブルディスクによる配列表
☐ 出願後に、この国際予備審査(または調査)機関に提出された書面による配列表
☐ 出願後に、この国際予備審査(または調査)機関に提出されたフレキシブルディスクによる配列表
☐ 出願後に提出した書面による配列表が出願時における国際出願の開示の範囲を超える事項を含まない旨の陳述書の提出があった
☐ 書面による配列表に記載した配列とフレキシブルディスクによる配列表に記録した配列が同一である旨の陳述書の提出があった。

4. 補正により、下記の書類が削除された。

- ☐ 明細書 第 _____ ページ
☐ 請求の範囲 第 _____ 項
☐ 図面 図面の第 _____ ページ/図

5. ☐ この国際予備審査報告は、補充欄に示したように、補正が出願時における開示の範囲を越えてされたものと認められるので、その補正がされなかったものとして作成した。(PCT規則70.2(c) この補正を含む差し替え用紙は上記1.における判断の際に考慮しなければならず、本報告に添付する。)

V. 新規性、進歩性又は産業上の利用可能性についての法第12条(PCT35条(2))に定める見解、それを裏付ける文献及び説明

1. 見解

新規性 (N)	請求の範囲	1-3, 5-10	有
	請求の範囲	4	無
進歩性 (IS)	請求の範囲	7	有
	請求の範囲	1-6, 8-10	無
産業上の利用可能性 (IA)	請求の範囲	1-10	有
	請求の範囲		無

2. 文献及び説明 (PCT規則70.7)

文献1: EP、863555, A (Japan Science and Technology corp.) 09. 9月. 1998 (09. 09. 98)、全文、第1-32図

文献2: JP、8-288220, A (エイ・ティ・アンド・ティ・アイピーエム・コーポレーション) 1. 11月. 1996 (01. 11. 96)、全文、第1図

文献3: Kimizuka, N&Mohri, T. "Structural Classification of $\text{RAO}_3(\text{MO})_n$ compounds ($\text{R} = \text{Sc, In, Y}$ or Lanthanides; $\text{A} = \text{Fe(III), Ga, Cr, or Al}$; Divalent Cation; $n=1-11$)", Journal of Solid-State Chemistry, vol. 78, pp. 98-107 (1989)

文献4: Kimizuka, N et. al. "Homologous Compounds, $\text{InFeO}_3(\text{ZnO})_n$ ($n=1-9$)", Journal of Solid-State Chemistry, vol. 74, pp. 98-109 (1988)

文献5: Koike, J et. al. "Quasi-Microwave Band Longitudinally Coupled Surface Acoustic Wave Resonator Filters Using ZnO /Sapphire Substrate", Japanese Journal of Applied Physics part 1, vol. 34, no. 5B, pp. 2678-2682 (1995)

請求の範囲 1-3, 5-6, 8-9

文献1には、サファイア基板上に形成された ZnO , $\text{Mg}_x\text{Zn}_{1-x}\text{O}$, $\text{Cd}_x\text{Zn}_{1-x}\text{O}$ 等の材料を用いた半導体デバイス、特に ZnO と MgZnO 多層構造及び ZnO 緩衝層を備えた半導体デバイスが記載されている。また、 ZnO と GaN の格子定数が記載されており両者の値が近いことが言及されている。

文献2には GaN に格子整合する基板材料として、 ScGaMgO_4 , ScAlMnO_4 , ScAlCoO_4 , ScAlMgO_4 が用いということが記載されている。

文献3には、 ScAlMgO_4 , ScAlCoO_4 , ScAlMnO_4 , ScGaMgO_4 , $\text{InFeO}_3(\text{ZnO})_n$, $\text{YbAlO}_3(\text{ZnO})_n$, $\text{LuAlO}_3(\text{ZnO})_n$ の格子定数が、文献4には、 $\text{ScAlO}_3(\text{ZnO})_n$, $\text{ScFeO}_3(\text{ZnO})_n$, $\text{ScGaO}_3(\text{ZnO})_n$, $\text{InGaO}_3(\text{ZnO})_n$, $\text{InAlO}_3(\text{ZnO})_n$ の格子定数が記載されており、いずれも ZnO の格子定数と近い値であることが認められる。

よって文献1の基板材料として文献2-4に記載された材料を選択することは当業者の容易になし得ることであり、請求の範囲 1-3, 5-6, 8-9 は進歩性を有さない。

補充欄（いずれかの欄の大きさが足りない場合に使用すること）

第 V. 2 欄の続き

請求の範囲 4

文献 2 には、基板材料として InAlMgO_4 、半導体層として GaN を用いた半導体デバイスが記載されているから、請求の範囲 4 は新規性を有さない。

請求の範囲 10

文献 5 には、 ZnO 層上に形成された入力電極と出力電極とを備えフィルタ特性を有する半導体デバイスが記載されている。文献 5 のデバイスを形成する基板の材料として文献 2-4 に記載されている材料を選択することは当業者の容易になし得ることである。よって請求の範囲 10 は進歩性を有さない。

請求の範囲 7

請求の範囲 1-6 の基板材料を絶縁層としてさらに備えた半導体デバイスは、文献 1-5 のいずれにも、記載も示唆もされていない。

37
091926186
Translation
5000

PATENT COOPERATION TREATY

PCT

INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

(PCT Article 36 and Rule 70)

Applicant's or agent's file reference P0099PC	FOR FURTHER ACTION See Notification of Transmittal of International Preliminary Examination Report (Form PCT/IPEA/416)	
International application No. PCT/JP00/01736	International filing date (day/month/year) 22 March 2000 (22.03.00)	Priority date (day/month/year) 25 March 1999 (25.03.99)
International Patent Classification (IPC) or national classification and IPC H01L 29/12, C01G 51/00, 4/00, 9/00		
Applicant JAPAN SCIENCE AND TECHNOLOGY CORPORATION		

<p>1. This international preliminary examination report has been prepared by this International Preliminary Examining Authority and is transmitted to the applicant according to Article 36.</p> <p>2. This REPORT consists of a total of <u>5</u> sheets, including this cover sheet.</p> <p><input type="checkbox"/> This report is also accompanied by ANNEXES, i.e., sheets of the description, claims and/or drawings which have been amended and are the basis for this report and/or sheets containing rectifications made before this Authority (see Rule 70.16 and Section 607 of the Administrative Instructions under the PCT).</p> <p>These annexes consist of a total of _____ sheets.</p>
<p>3. This report contains indications relating to the following items:</p> <p>I <input checked="" type="checkbox"/> Basis of the report</p> <p>II <input type="checkbox"/> Priority</p> <p>III <input type="checkbox"/> Non-establishment of opinion with regard to novelty, inventive step and industrial applicability</p> <p>IV <input type="checkbox"/> Lack of unity of invention</p> <p>V <input checked="" type="checkbox"/> Reasoned statement under Article 35(2) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement</p> <p>VI <input type="checkbox"/> Certain documents cited</p> <p>VII <input type="checkbox"/> Certain defects in the international application</p> <p>VIII <input type="checkbox"/> Certain observations on the international application</p>

Date of submission of the demand 01 September 2000 (01.09.00)	Date of completion of this report 25 May 2001 (25.05.2001)
Name and mailing address of the IPEA/JP	Authorized officer
Facsimile No.	Telephone No.

INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

International application No.

PCT/JP00/01736

I. Basis of the report

1. With regard to the elements of the international application:*

- ☒ the international application as originally filed
- ☐ the description:
 pages _____, as originally filed
 pages _____, filed with the demand
 pages _____, filed with the letter of _____
- ☐ the claims:
 pages _____, as originally filed
 pages _____, as amended (together with any statement under Article 19
 pages _____, filed with the demand
 pages _____, filed with the letter of _____
- ☐ the drawings:
 pages _____, as originally filed
 pages _____, filed with the demand
 pages _____, filed with the letter of _____
- ☐ the sequence listing part of the description:
 pages _____, as originally filed
 pages _____, filed with the demand
 pages _____, filed with the letter of _____

2. With regard to the language, all the elements marked above were available or furnished to this Authority in the language in which the international application was filed, unless otherwise indicated under this item. These elements were available or furnished to this Authority in the following language _____ which is:

- ☐ the language of a translation furnished for the purposes of international search (under Rule 23.1(b)).
- ☐ the language of publication of the international application (under Rule 48.3(b)).
- ☐ the language of the translation furnished for the purposes of international preliminary examination (under Rule 55.2 and/or 55.3).

3. With regard to any nucleotide and/or amino acid sequence disclosed in the international application, the international preliminary examination was carried out on the basis of the sequence listing:

- ☐ contained in the international application in written form.
- ☐ filed together with the international application in computer readable form.
- ☐ furnished subsequently to this Authority in written form.
- ☐ furnished subsequently to this Authority in computer readable form.
- ☐ The statement that the subsequently furnished written sequence listing does not go beyond the disclosure in the international application as filed has been furnished.
- ☐ The statement that the information recorded in computer readable form is identical to the written sequence listing has been furnished.

4. ☐ The amendments have resulted in the cancellation of:

- ☐ the description, pages _____
- ☐ the claims, Nos. _____
- ☐ the drawings, sheets/fig _____

5. ☐ This report has been established as if (some of) the amendments had not been made, since they have been considered to go beyond the disclosure as filed, as indicated in the Supplemental Box (Rule 70.2(c)).**

* Replacement sheets which have been furnished to the receiving Office in response to an invitation under Article 14 are referred to in this report as "originally filed" and are not annexed to this report since they do not contain amendments (Rule 70.16 and 70.17).

** Any replacement sheet containing such amendments must be referred to under item 1 and annexed to this report.

INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

International application No.

PCT/JP 00/01736

V. Reasoned statement under Article 35(2) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement

1. Statement

Novelty (N)	Claims	1-3, 5-10	YES
	Claims	4	NO
Inventive step (IS)	Claims	7	YES
	Claims	1-6, 8-10	NO
Industrial applicability (IA)	Claims	1-10	YES
	Claims		NO

2. Citations and explanations

Document 1: EP, 863555, A (Japan Science and Technology Corp.), 9 September 1998 (09.09.98); entire text and Fig. 1-32

Document 2: JP, 8-288220, A (AT&T and IBM Corporation), 1 November 1996 (01.11.96), entire text and Fig. 1

Document 3: N. Kimizuka & T. Mohri, "Structural classification of $\text{RAO}_3(\text{MO})_n$ compounds (R = Sc, In, Y or lanthanides; A = Fe(III), Ga, Cr or Al; divalent cation, n = 1-11)", Journal of Solid-State Chemistry, Vol. 78, pp. 98-107 (1989)

Document 4: N. Kimizuka et al., "Homologous compounds, $\text{InFeO}_3(\text{ZnO})_m$ (m = 1-9)", Journal of Solid-State Chemistry, Vol. 74, pp. 98-109 (1988)

Document 5: J. Koike et al., "Quasi-microwave band longitudinally coupled surface acoustic resonator filters using ZnO/sapphire substrate", Japanese Journal of Applied Physics, Vol. 34, No. 5B, pp. 2678-2682 (1995)

Claims 1-3, 5-6, 8 and 9

Document 1 discloses semiconductor devices using materials such as ZnO , $\text{Mg}_x\text{Zn}_{1-x}\text{O}$ and $\text{Cd}_x\text{Zn}_{1-x}\text{O}$ formed on a sapphire substrate, and more specifically a semiconductor device which is provided with a multilayer structure of ZnO and MgZnO and a ZnO buffer layer. The lattice constants for ZnO and GaN are also disclosed, and it is mentioned that the values are close.

Document 2 discloses the possibility of using ScGaMgO_4 , ScAlMnO_4 , ScAlCoO_4 and ScAlMgO_4 as substrate materials which match the lattice of GaN .

Document 3 discloses lattice constants for ScAlMgO_4 , ScAlCoO_4 , ScAlMnO_4 , ScGaMgO_4 , $\text{InFeO}_3(\text{ZnO})_n$, $\text{YbAlO}_3(\text{ZnO})_n$ and $\text{LuAlO}_3(\text{ZnO})_n$, and Document 4 discloses the lattice constants of $\text{ScAlO}_3(\text{ZnO})_n$, $\text{ScFeO}_3(\text{ZnO})_n$, $\text{ScGaO}_3(\text{ZnO})_n$, $\text{InGaO}_3(\text{ZnO})_n$, $\text{InAlO}_3(\text{ZnO})_n$, and they are all close to the value for ZnO .

Therefore, a person skilled in the art could easily select a material disclosed in Document 2-4 as the substrate material disclosed in Document 1, and Claims 1-3, 5, 6, 8 and 9 do not involve an inventive step.

Claim 4

Document 2 discloses a semiconductor device in which InAlMgO_4 is used as the substrate and GaN is used as the semiconductor layer. Therefore, Claim 4 is not novel.

Claim 10

Document 5 discloses a semiconductor device having filter properties, provided with an input electrode and output electrode formed on a ZnO layer. It would be easy for a person skilled in the art to select a material disclosed in Document 2-4 as the substrate material for forming a device disclosed in Document 5. Therefore, Claim 10 does not involve an inventive step.



1

2

3

4

5

INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

International application No.

PCT/JP 00/01736

Claim 7

None of Documents 1-5 discloses or suggests a semiconductor device further provided with substrate material of Claims 1-6 as an insulating layer.

